



# Modulhandbuch

## für das Studienfach

# Physics International

als 1-Fach-Master  
mit dem Abschluss "Master of Science"  
(Erwerb von 120 ECTS-Punkten)

Prüfungsordnungsversion: 2024  
verantwortlich: Fakultät für Physik und Astronomie

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Bereichsgliederung des Studienfachs                              | 5  |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                | 6  |
| Verwendete Abkürzungen, Konventionen, Anmerkungen, Satzungsbezug | 8  |
| Wahlpflichtbereich                                               | 9  |
| Unterbereich Physik                                              | 10 |
| Fortgeschrittenenpraktikum                                       | 11 |
| Advanced Laboratory Course Master Part 1                         | 12 |
| Advanced Laboratory Course Master Part 2                         | 13 |
| Advanced Laboratory Course Master Part 3                         | 14 |
| Advanced Laboratory Course Master Part 4                         | 15 |
| Oberseminar                                                      | 16 |
| Advanced Seminar Physics A                                       | 17 |
| Advanced Seminar Physics B                                       | 18 |
| Experimentelle Physik                                            | 19 |
| Image and Signal Processing in Physics                           | 20 |
| Organic Semiconductors                                           | 22 |
| Physics of Advanced Materials                                    | 23 |
| Spintronics                                                      | 24 |
| Solid State Physics 2                                            | 26 |
| Solid State Spectroscopy                                         | 28 |
| Magnetism                                                        | 29 |
| Optical Properties of Semiconductor Nanostructures               | 31 |
| Semiconductor Physics                                            | 33 |
| Quantum Transport                                                | 35 |
| Advanced Theory of Quantum Computing and Quantum Information     | 37 |
| Nano-Optics                                                      | 39 |
| Phenomenology and Theory of Superconductivity                    | 41 |
| Ultrakurzzeitspektroskopie und Quantenkontrolle                  | 43 |
| Advanced Topics in Solid State Physics                           | 45 |
| Methods of Observational Astronomy                               | 46 |
| Experimental Particle Physics                                    | 47 |
| Introduction to Space Physics                                    | 48 |
| Multi-wavelength Astronomy                                       | 50 |
| Advanced Topics in Astrophysics                                  | 51 |
| Advanced Magnetic Resonance Imaging                              | 52 |
| Surface Science                                                  | 54 |
| Basic Imaging Concepts                                           | 56 |
| Contemporary Astrophysics                                        | 58 |
| Advanced Astro Imaging                                           | 59 |
| Advanced Computer Tomography                                     | 61 |
| Electron and Ion Microscopy                                      | 63 |
| Scanning Probe Technologies                                      | 64 |
| Visiting Research                                                | 65 |
| Current Topics in Experimental Physics                           | 66 |
| Current Topics in Experimental Physics                           | 67 |
| Current Topics in Experimental Physics                           | 68 |
| Current Topics in Experimental Physics                           | 69 |
| Current Topics in Experimental Physics                           | 70 |
| Current Topics in Physics                                        | 71 |
| Theoretische Physik                                              | 72 |
| Quantum Mechanics II                                             | 73 |
| Theoretical Quantum Optics                                       | 75 |

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| Theory of Relativity                                            | 77         |
| Renormalization Group Methods in Field Theory                   | 79         |
| Physics of Complex Systems                                      | 81         |
| Advanced Theory of Quantum Computing and Quantum Information    | 82         |
| Theoretical Solid State Physics                                 | 84         |
| Theoretical Solid State Physics 2                               | 86         |
| Topological Effects in Solid State Physics                      | 87         |
| Field Theory in Solid State Physics                             | 89         |
| Selected Topics of Theoretical Solid State Physics              | 91         |
| Computational Materials Science (DFT)                           | 92         |
| Conformal Field Theory                                          | 94         |
| Conformal Field Theory 2                                        | 96         |
| Group Theory                                                    | 98         |
| Renormalization Group and Critical Phenomena                    | 99         |
| Bosonisation and Interactions in One Dimension                  | 101        |
| Introduction to Gauge/Gravity Duality                           | 103        |
| Cosmology                                                       | 105        |
| Theoretical Astrophysics                                        | 106        |
| Introduction to Plasma Physics                                  | 107        |
| High-Energy Astrophysics                                        | 108        |
| Computational Astrophysics                                      | 109        |
| Quantum Field Theory I                                          | 110        |
| Quantum Field Theory II                                         | 112        |
| Theoretical Elementary Particle Physics                         | 114        |
| Selected Topics of Theoretical Elementary Particle Physics      | 116        |
| Models Beyond the Standard Model of Elementary Particle Physics | 117        |
| String Theory 1                                                 | 119        |
| String Theory 2                                                 | 121        |
| Radio Astronomical Interferometry                               | 123        |
| Black Holes                                                     | 125        |
| Particle Physics (Standard Model)                               | 127        |
| Visiting Research                                               | 129        |
| Current Topics of Theoretical Physics                           | 130        |
| Current Topics of Theoretical Physics                           | 131        |
| Current Topics of Theoretical Physics                           | 132        |
| Current Topics of Theoretical Physics                           | 133        |
| Current Topics of Theoretical Physics                           | 134        |
| Current Topics in Physics                                       | 135        |
| <b>Unterbereich Nichtphysikalisches Nebenfach</b>               | <b>136</b> |
| Optimierung für Machine Learning                                | 137        |
| Vertiefung Analysis                                             | 138        |
| Applied Analysis                                                | 139        |
| Differential Geometry                                           | 140        |
| Complex Analysis                                                | 141        |
| Lie Theory                                                      | 142        |
| Topology                                                        | 143        |
| Number Theory                                                   | 144        |
| Groups and their Representations                                | 145        |
| Geometrical Mechanics                                           | 146        |
| Numeric of Partial Differential Equations                       | 147        |
| Discrete Mathematics                                            | 148        |
| Selected Topics in Mathematical Physics                         | 149        |
| Partial Differential Equations of Mathematical Physics          | 150        |
| Pseudo Riemannian and Riemannian Geometry                       | 152        |
| Datenbanken                                                     | 154        |
| Quantum Communications                                          | 155        |
| Rechnerarchitektur                                              | 157        |

|                                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Fortgeschrittenes Programmieren                                                                    | 159        |
| Betriebssysteme                                                                                    | 161        |
| Künstliche Intelligenz 1                                                                           | 163        |
| Sensorische und aktorische Materialien - Funktionelle Keramiken und magnetische Partikel           | 164        |
| Elektrochemische Energiespeicher und -wandler                                                      | 165        |
| Struktur-Eigenschafts-Korrelationen bei Leichtbauwerkstoffen - Experimente und Simulationsrechnung | 166        |
| Nonphysical Minor Subject                                                                          | 167        |
| <b>Abschlussbereich</b>                                                                            | <b>168</b> |
| Professional Specialization Physics International                                                  | 169        |
| Scientific Methods and Project Management Physics International                                    | 170        |
| Master Thesis Physics International                                                                | 171        |

## Bereichsgliederung des Studienfachs

| Bereich / Unterbereich                     | ECTS-Punkte | ab Seite |
|--------------------------------------------|-------------|----------|
| Wahlpflichtbereich                         | 60          | 9        |
| Unterbereich Physik                        | 55          | 10       |
| Fortgeschrittenenpraktikum                 | 9           | 11       |
| Oberseminar                                | 5           | 16       |
| Experimentelle Physik                      | 10          | 19       |
| Theoretische Physik                        | 10          | 72       |
| Unterbereich Nichtphysikalisches Nebenfach |             | 136      |
| Abschlussbereich                           | 60          | 168      |

## Qualifikationsziele / Kompetenzen

After having successfully completed their studies the graduates fulfil the following requirements:

- The graduates are highly skilled in abstract thinking, they are able to think analytically, they have a high problem-solving competence and are able to structure complex interrelations.
- The graduates have a wide overview of the different areas of physics and of connections to other sciences.
- They have profound knowledge of the mathematical and theoretical basics of physics as well as profound knowledge of the theoretical and experimental methods to gain new insights.
- They are able to transfer their abilities and expertise to research projects and know the current state of research in at least one speciality.
- With the help of primary literature, especially in English, they are able to become acquainted with the current state of research in a speciality .
- They have the ability to independently apply physical and mathematical methods to concrete experimental or theoretical physical tasks, to develop solutions and to interpret and assess the results.
- Even with incomplete information they are in a position to work independently on physical problems, applying scientific methods and following the rules of good scientific practice, and to present, assess and attend to the results and consequences of their work.
- They are able to discuss physical topics on the current state of research with other physicists and also to explain connections to physics to non-scientists.
- As physicists they are able to work in or even lead interdisciplinary and international teams with (natural) scientists and/or engineers in research, industry and economy.

### Scientific qualification

- The graduates have profound knowledge of the mathematical, experimental and theoretical basics of physics
- The graduates can resort to profound knowledge of the theoretical and experimental methods to gain new insights
- The graduates have a wide overview of the different areas of physics
- The graduates know scientific areas adjacent to physics and realise interdisciplinary connections .
- The graduates are highly skilled in abstract thinking, they are able to think analytically, they have a high problem-solving competence and are in a position to structure complex interrelations.
- The graduates transfer their abilities and expertise to research projects and know the current state of research in at least one speciality .
- The graduates are able to discuss physical topics on the current state of research with other physicists.
- The graduates are in a position to independently apply physical and mathematical methods to concrete experimental or theoretical physical tasks, to develop solutions and to interpret and assess the results.
- With the help of primary literature, especially in English, the graduates are able to become acquainted with the current state of research in a speciality.

### Qualification to start a job

- Even with incomplete information the graduates are in a position to work independently on physical problems, following the rules of good scientific practice, and to present, assess and attend to the results and consequences of their work.
- As physicists the graduates are able to work in or even lead interdisciplinary and international teams with (natural) scientists and/or engineers in research, industry and economy.

- The graduates have the ability to independently apply physical and mathematical methods to concrete experimental or theoretical physical tasks, to develop solutions and to interpret and assess the results.
- The graduates are able to transfer their abilities and expertise to research projects and know the current state of research in at least one speciality.

#### **Self-development**

- Even with incomplete information the graduates are in a position to work independently on physical problems, and to present, assess and attend to the results and consequences of their work.
- The graduates know the rules of good scientific practice and take them into account

#### **Qualification for social commitment**

- The graduates are able to critically reflect scientific developments and to capture their impact on economy, society and environment. (technological impact assessment)
- The graduates have enlarged their knowledge concerning economic, social, natural scientific or cultural questions (to name but a few) and are able to attend to their views reasonably.
- The graduates are able to discuss physical topics on the current state of research with other physicists and also to explain physical correlations to non-scientists.
- The graduates have developed the willingness and ability to show their skills in participative processes and actively contribute to decisions.

## Verwendete Abkürzungen

Veranstaltungsarten: **E** = Exkursion, **K** = Kolloquium, **O** = Konversatorium, **P** = Praktikum, **R** = Projekt, **S** = Seminar, **T** = Tutorium, **Ü** = Übung, **V** = Vorlesung

Semester: **SS** = Sommersemester, **WS** = Wintersemester

Bewertungsarten: **NUM** = numerische Notenvergabe, **B/NB** = bestanden / nicht bestanden

Satzungen: **(L)ASPO** = Allgemeine Studien- und Prüfungsordnung (für Lehramtsstudiengänge), **FSB** = Fachspezifische Bestimmungen, **SFB** = Studienfachbeschreibung

Sonstiges: **A** = Abschlussarbeit, **LV** = Lehrveranstaltung(en), **PL** = Prüfungsleistung(en), **TN** = Teilnehmende, **VL** = Vorleistung(en)

## Konventionen

Sofern nichts anderes angegeben ist, ist die Lehrveranstaltungs- und Prüfungssprache Deutsch, der Prüfungsturnus ist semesterweise, es besteht keine Bonusfähigkeit der Prüfungsleistung.

## Anmerkungen

Gibt es eine Auswahl an Prüfungsarten, so legt die Dozentin oder der Dozent in Absprache mit der/dem Modulverantwortlichen bis spätestens zwei Wochen nach LV-Beginn fest, welche Form für die Erfolgsüberprüfung im aktuellen Semester zutreffend ist und gibt dies ortsüblich bekannt.

Bei mehreren benoteten Prüfungsleistung innerhalb eines Moduls werden diese jeweils gleichgewichtet, sofern nachfolgend nichts anderes angegeben ist.

Besteht die Erfolgsüberprüfung aus mehreren Einzelleistungen, so ist die Prüfung nur bestanden, wenn jede der Einzelleistungen erfolgreich bestanden ist.

## Satzungsbezug

Muttersatzung des hier beschriebenen Studienfachs:

**ASPO2015**

zugehörige amtliche Veröffentlichungen (FSB/SFB):

**06.09.2023 (2023-70)**

**12.06.2024 (2024-75)**

Dieses Modulhandbuch versucht die prüfungsordnungsrelevanten Daten des Studienfachs möglichst genau wiederzugeben. Rechtlich verbindlich ist aber nur die offizielle amtliche Veröffentlichung der FSB/SFB. Insbesondere gelten im Zweifelsfall die dort angegebenen Beschreibungen der Modulprüfungen.

## Wahlpflichtbereich

(60 ECTS-Punkte)

# Unterbereich Physik

(55 ECTS-Punkte)

# Fortgeschrittenenpraktikum

(9 ECTS-Punkte)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Advanced Laboratory Course Master Part 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         | 11-P-FM1-Int-201-m01                     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | anbietende Einrichtung                   |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie       |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module                  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | bestanden / nicht bestanden                                                                             | --                                       |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen                  |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | weiterführend                                                                                           | Vorbereitung und Sicherheitsunterweisung |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                          |
| Grundlagen der Kern-, Atom- und Molekülphysik, Tieftemperaturexperimente und korrelierte Systeme, Festkörpereigenschaften, Oberflächen und Grenzflächen. Versuche zu den Themen - Röntgenstrahlung - Kernspinresonanz (NMR) - Quantenhalbleiter - Optisches Pumpen und Spektroskopie im optischen Bereich - Hall-Effekt - Supraleitung - Laser - Festkörperoptik                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                          |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                          |
| Der/Die Studierende verfügt über Kenntnisse zur Durchführung eines Experiments, Analyse und Dokumentation der experimentellen Befunde, Grundkenntnisse zur Erstellung einer wissenschaftlichen Veröffentlichung und Anwendung moderner Auswertesysteme. Er/Sie ist mit modernen Experimentierverfahren vertraut. Er/Sie ist in der Lage, sich anhand von Publikationen in eine Aufgabenstellung einzuarbeiten, einen Versuch durchzuführen und auszuwerten und seine/ihre Ergebnisse in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung darzustellen und zu diskutieren. |                                                                                                         |                                          |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| P (3)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                          |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Praktische Prüfung<br>Zur erfolgreichen Versuchsdurchführung (Bestehen eines Versuches) gehören die erfolgreiche Vorbereitung, Durchführung, Protokollierung (Laborbuch) und Auswertung in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung. Die Modulprüfung ist bestanden, wenn zwei Versuche bestanden sind. Details werden in der Praktikumsordnung geregelt.<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                          |
| 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                          |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                          |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                          |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                          |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                          |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 12 / 171                           |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Advanced Laboratory Course Master Part 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         | 11-P-FM2-Int-201-m01                     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | anbietende Einrichtung                   |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie       |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module                  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | bestanden / nicht bestanden                                                                             | --                                       |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen                  |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | weiterführend                                                                                           | Vorbereitung und Sicherheitsunterweisung |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                          |
| Grundlagen der Kern-, Atom- und Molekülphysik, Tieftemperaturexperimente und korrelierte Systeme, Festkörpereigenschaften, Oberflächen und Grenzflächen. Versuche zu den Themen - Röntgenstrahlung - Kernspinresonanz (NMR) - Quantenhalfeffekt - Optisches Pumpen und Spektroskopie im optischen Bereich - Hall-Effekt - Supraleitung - Laser - Festkörperoptik                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                          |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                          |
| Der/Die Studierende verfügt über Kenntnisse zur Durchführung eines Experiments, Analyse und Dokumentation der experimentellen Befunde, Grundkenntnisse zur Erstellung einer wissenschaftlichen Veröffentlichung und Anwendung moderner Auswertesysteme. Er/Sie ist mit modernen Experimentierverfahren vertraut. Er/Sie ist in der Lage, sich anhand von Publikationen in eine Aufgabenstellung einzuarbeiten, einen Versuch durchzuführen und auszuwerten und seine/ihre Ergebnisse in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung darzustellen und zu diskutieren. |                                                                                                         |                                          |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| P (3)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                          |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Praktische Prüfung<br>Zur erfolgreichen Versuchsdurchführung (Bestehen eines Versuches) gehören die erfolgreiche Vorbereitung, Durchführung, Protokollierung (Laborbuch) und Auswertung in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung. Die Modulprüfung ist bestanden, wenn zwei Versuche bestanden sind. Details werden in der Praktikumsordnung geregelt.<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                          |
| 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                          |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                          |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                          |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                          |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                          |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 13 / 171                           |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Advanced Laboratory Course Master Part 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         | 11-P-FM3-Int-201-m01                     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | anbietende Einrichtung                   |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie       |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module                  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | bestanden / nicht bestanden                                                                             | --                                       |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen                  |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | weiterführend                                                                                           | Vorbereitung und Sicherheitsunterweisung |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                          |
| Grundlagen der Kern-, Atom- und Molekülphysik, Tieftemperaturexperimente und korrelierte Systeme, Festkörpereigenschaften, Oberflächen und Grenzflächen. Versuche zu den Themen - Röntgenstrahlung - Kernspinresonanz (NMR) - Quantenhalfeffekt - Optisches Pumpen und Spektroskopie im optischen Bereich - Hall-Effekt - Supraleitung - Laser - Festkörperoptik                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                          |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                          |
| Der/Die Studierende verfügt über Kenntnisse zur Durchführung eines Experiments, Analyse und Dokumentation der experimentellen Befunde, Grundkenntnisse zur Erstellung einer wissenschaftlichen Veröffentlichung und Anwendung moderner Auswertesysteme. Er/Sie ist mit modernen Experimentierverfahren vertraut. Er/Sie ist in der Lage, sich anhand von Publikationen in eine Aufgabenstellung einzuarbeiten, einen Versuch durchzuführen und auszuwerten und seine/ihre Ergebnisse in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung darzustellen und zu diskutieren. |                                                                                                         |                                          |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| P (3)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                          |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Praktische Prüfung<br>Zur erfolgreichen Versuchsdurchführung (Bestehen eines Versuches) gehören die erfolgreiche Vorbereitung, Durchführung, Protokollierung (Laborbuch) und Auswertung in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung. Die Modulprüfung ist bestanden, wenn zwei Versuche bestanden sind. Details werden in der Praktikumsordnung geregelt.<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                          |
| 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                          |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                          |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                          |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                          |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                          |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 14 / 171                           |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Advanced Laboratory Course Master Part 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         | 11-P-FM4-Int-201-m01                     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | anbietende Einrichtung                   |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie       |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module                  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | bestanden / nicht bestanden                                                                             | --                                       |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen                  |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | weiterführend                                                                                           | Vorbereitung und Sicherheitsunterweisung |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                          |
| Grundlagen der Kern-, Atom- und Molekülphysik, Tieftemperaturexperimente und korrelierte Systeme, Festkörpereigenschaften, Oberflächen und Grenzflächen. Versuche zu den Themen - Röntgenstrahlung - Kernspinresonanz (NMR) - Quantenhalbleffekt - Optisches Pumpen und Spektroskopie im optischen Bereich - Hall-Effekt - Supraleitung - Laser - Festkörperoptik                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                          |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                          |
| Der/Die Studierende verfügt über Kenntnisse zur Durchführung eines Experiments, Analyse und Dokumentation der experimentellen Befunde, Grundkenntnisse zur Erstellung einer wissenschaftlichen Veröffentlichung und Anwendung moderner Auswertesysteme. Er/Sie ist mit modernen Experimentierverfahren vertraut. Er/Sie ist in der Lage, sich anhand von Publikationen in eine Aufgabenstellung einzuarbeiten, einen Versuch durchzuführen und auszuwerten und seine/ihre Ergebnisse in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung darzustellen und zu diskutieren. |                                                                                                         |                                          |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| P (3)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                          |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Praktische Prüfung<br>Zur erfolgreichen Versuchsdurchführung (Bestehen eines Versuches) gehören die erfolgreiche Vorbereitung, Durchführung, Protokollierung (Laborbuch) und Auswertung in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung. Die Modulprüfung ist bestanden, wenn zwei Versuche bestanden sind. Details werden in der Praktikumsordnung geregelt.<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                          |
| 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                          |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                          |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                          |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                          |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                          |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                          |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                          |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 15 / 171                           |

# Oberseminar

(5 ECTS-Punkte)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Advanced Seminar Physics A                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | 11-OSP-A-Int-201-m01               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                        |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                             | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | --                                 |
| <b>Inhalte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| Seminar zu aktuellen Fragestellungen der theoretischen bzw. experimentellen Physik.                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| <b>Qualifikationsziele / Kompetenzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse in einem aktuellen Spezialgebiet der experimentellen oder theoretischen Physik. Sie sind in der Lage, sich diese Kenntnisse aus Fachpublikationen zu erarbeiten, sie zusammenfassend darzustellen und einem Fachpublikum zu präsentieren. |                         |                                    |
| <b>Lehrveranstaltungen</b> (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| S (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| <b>Erfolgsüberprüfung</b> (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Vortrag mit Diskussion (30-45 Min.)<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| <b>Platzvergabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                            |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Advanced Seminar Physics B                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | 11-OSP-B-Int-201-m01               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                        |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                             | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | --                                 |
| <b>Inhalte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| Seminar zu aktuellen Fragestellungen der theoretischen bzw. experimentellen Physik.                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| <b>Qualifikationsziele / Kompetenzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse in einem aktuellen Spezialgebiet der experimentellen oder theoretischen Physik. Sie sind in der Lage, sich diese Kenntnisse aus Fachpublikationen zu erarbeiten, sie zusammenfassend darzustellen und einem Fachpublikum zu präsentieren. |                         |                                    |
| <b>Lehrveranstaltungen</b> (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| S (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| <b>Erfolgsüberprüfung</b> (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Vortrag mit Diskussion (30-45 Min.)<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| <b>Platzvergabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                            |                         |                                    |

# Experimentelle Physik

(10 ECTS-Punkte)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Image and Signal Processing in Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         | 11-BSV-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Periodische und aperiodische Signale; Grundlagen der diskreten und exakten Fourier-Transformation; Grundlagen der digitalen Signal- und Bildverarbeitung; Diskretisierung von Signalen/Abtasttheorem (Shannon); Homogene und lineare Filter, das Faltungsprodukt; Fensterfunktionen und Interpolation von Bildern; Das Parsival-Theorem, Korrelation und energetische Betrachtung; Statistische Signale, Bildrauschen, Momente, stationäre Signale; Tomographie: Hankel- und Radon-Transformation.                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Der/Die Studierende verfügt über fortgeschrittene Kenntnisse der digitalen Bild- und Signalverarbeitung. Er/Sie kennt die physikalischen Grundlagen der Bildverarbeitung und ist mit verschiedenen Methoden der Signalverarbeitung vertraut. Er/Sie ist in der Lage, die verschiedenen Verfahren zu erläutern und sie speziell in der Tomographie anzuwenden.                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| V (2) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 20 / 171                     |

Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | Kurzbezeichnung                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Organic Semiconductors                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | 11-OHL-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | weiterführend           | --                                 |
| <b>Inhalte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Physikalische Grundlagen organischer Halbleiter, Polymerelektronik und Sensorik, Anwendungen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| <b>Qualifikationsziele / Kompetenzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Der/Die Studierende verfügt über vertiefte Kenntnisse zu organischen Halbleitern.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| <b>Lehrveranstaltungen</b> (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| <b>Erfolgsüberprüfung</b> (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.)<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| <b>Platzvergabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Physics of Advanced Materials                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | 11-PMM-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend           | --                                 |
| <b>Inhalte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Allgemeine Eigenschaften einiger Materialgruppen wie Flüssigkeiten, Flüssigkristalle, evtl. Polymere; Magnetische Materialien und Supraleiter; Dünne Filme, Heterostrukturen und Übergitter. Methoden zur Charakterisierung dieser Materialgruppen; Zweidimensionale Schichtmaterialien.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| <b>Qualifikationsziele / Kompetenzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Die Studierenden kennen die Eigenschaften und Charakterisierungsmethoden einiger moderner Materialien.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| <b>Lehrveranstaltungen</b> (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| <b>Erfolgsüberprüfung</b> (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| <b>Platzvergabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Spintronics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         | 11-SPI-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| In der Vorlesung wird auf Spintransport unter besonderer Berücksichtigung des Riesenmagnetowiderstands sowie des Tunnelmagnetowiderstands und seine Anwendungen in magnetischen Speichern eingegangen. Abschließend werden neue Phänomene aus dem Bereich der Spindynamik und strominduzierte Spinphänomene diskutiert.                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden kennen die Grundlagen von Spintransportmodellen und sind mit Anwendungen des Spintransports in der Informationstechnologie vertraut. Sie haben einen Überblick über moderne Erkenntnisse auf diesem Gebiet (GMR, TMR).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 24 / 171                     |

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Solid State Physics 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | 11-FK2-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | anbietende Einrichtung                           |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie               |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module                          |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                               |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen                          |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | weiterführend                                                                                           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                                  |
| <p>1. Elektronen im periodischen Potential – die Bandstruktur</p> <p>a. Transport von Elektrizität und Wärme</p> <p>b. Bloch Theorem</p> <p>c. Stark gebundene Elektronen</p> <p>2. Dynamik im semiklassischen Modell</p> <p>a. Elektrischer Transport im vollständig und teilweise gefüllte Bänder</p> <p>b. Fermi-Flächen und ihre experimentelle Bestimmung</p> <p>c. Elektrischer Transport in externen Magnetfeldern</p> <p>d. Boltzmann-Transportgleichung</p> <p>3. Dielektrische Eigenschaften und Ferroelektrika</p> <p>a. Makroskopische Elektrodynamik und mikroskopische Theorie</p> <p>b. Polarisierbarkeit der Atome und von Festkörpern, des Gitters, der Valenzelektronen, freier Elektronen, optische Phononen, Polaritonen, Plasmonen, Interbandübergänge, Wannier-Mott-Exzitonen</p> <p>c. Ferroelektrika</p> <p>4. Halbleiter</p> <p>a. Typisierung</p> <p>b. Intrinsische Halbleiter</p> <p>c. Dotierte Halbleiter</p> <p>d. Physik und Anwendung der p-n-Übergangs</p> <p>e. Heterostrukturen</p> <p>5. Magnetismus</p> <p>a. Atomarer Dia- und Paramagnetismus</p> <p>b. Dia- und Paramagnetismus in Metallen</p> <p>c. Ferromagnetismus</p> <p>6. Supraleitung</p> <p>a. Phänomene</p> <p>b. Modelle zur Beschreibung der Supraleitung</p> <p>c. Tunnelexperimente und Anwendungen</p> |                                                                                                         |                                                  |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                                  |
| Die Studierenden kennen Effekte, Konzepte und Modelle der fortgeschrittenen Festkörperphysik. Sie sind mit den theoretischen Grundlagen und den Anwendungen experimenteller Methoden vertraut.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                                  |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                                  |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                                  |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                                  |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder</p> <p>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder</p> <p>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder</p> <p>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder</p> <p>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).</p> <p>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                                  |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 26 / 171                                   |

Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.  
Prüfungssprache: Englisch  
Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester

**Platzvergabe**

--

**weitere Angaben**

--

**Arbeitsaufwand**

240 h

**Lehrturnus**

k. A.

**Bezug zur LPO I**

--

**Verwendung des Moduls in Studienfächern**

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Solid State Spectroscopy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | 11-FKS-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Ein- und Vielteilchenbild von Festkörperelektronen, Wechselwirkung Licht – Materie, Optische Spektroskopie, Elektronenspektroskopie, Röntgenspektroskopien                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Der/Die Studierende verfügt über spezifisches, vertieftes Wissen im Fachgebiet Festkörper-Spektroskopie. Er/ Sie kennt verschiedene Arten von Spektroskopie und ihre Anwendungsgebiete. Er/Sie versteht die theoretischen Grundlagen und die aktuellen Entwicklungen in der Forschung.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Magnetism</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | 11-MAG-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Dia- und Paramagnetismus, Austauschwechselwirkung, Ferromagnetismus. Antiferromagnetismus, Anisotropie, Domänenstruktur, Nanomagnetismus, Superparamagnetismus, magnetische Messmethoden, Kondo-Effekt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden kennen die grundlegenden Begriffe, Konzepte und Phänomene des Magnetismus und von Messmethoden zu deren experimenteller Erfassung; besitzen Fertigkeiten in einfacher Modellbildung, der Formulierung mathematisch-physikalischer Ansätze und können diese auf Aufgabenstellungen in den genannten Bereichen anwenden; besitzen Kompetenzen in der selbständigen Bearbeitung von Problemstellungen aus den genannten Themenbereichen; sind in der Lage, Genauigkeiten von Beobachtung und Analyse einschätzen zu können                                                 |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 29 / 171                     |

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Optical Properties of Semiconductor Nanostructures                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | 11-HNS-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| Halbleiter-Nanostrukturen werden oft als "künstliche Materialien" bezeichnet. Im Gegensatz zu Atomen/Molekülen auf der einen und ausgedehnten Festkörpern auf der anderen Seite können optische, elektrische oder magnetische Eigenschaften durch Änderung der Größe systematisch variiert und an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. In der Vorlesung werden zunächst die präparativen und theoretischen Grundlagen von Halbleiter-Nanostrukturen mit unterschiedlicher Dimensionalität (2D, 1D und 0D) besprochen. Dabei werden die präparativen und theoretischen Grundlagen erarbeitet und anschließend die technologischen und konzeptionellen Herausforderungen zur Einbindung dieser Strukturen in innovative Bauelemente diskutiert. |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden kennen die theoretischen Grundlagen und Eigenschaften von Halbleiternanostrukturen. Sie verfügen über Kenntnisse der Herstellung solcher Strukturen und ihre Anwendungen in Bauelementen. Sie sind in der Lage, ihre Kenntnisse auf Problemstellungen in diesem Bereich anzuwenden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 31 / 171                     |

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Semiconductor Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | 11-HPH-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Die Vorlesung beschäftigt sich mit den grundlegenden Eigenschaften von Halbleitern. Beginnen mit der Analyse von Kristalleigenschaften werden die Methoden zur Berechnung von Bandstrukturen erörtert. Diese dienen als Grundlage zur Diskussion optischer und elektrischer Eigenschaften sowie deren Modifikationen in Bezug auf die Herstellung und Untersuchung von niedrig dimensionalen Halbleitersystemen. Die Vorlesung orientiert sich dabei an der aktuellen Forschung und diskutiert wichtige Untersuchungsergebnisse.                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Den Studierenden sind mit den grundlegenden Eigenschaften von Halbleitermaterialien – Kristallstrukturen und Symmetrien, Bandstrukturen sowie elektrischen und optische Eigenschaften – vertraut. Sie verfügen damit über eine solide Basis für weiterführende und weiter spezialisierte Vorlesungen des Programms.                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 33 / 171                     |

Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    | Kurzbezeichnung    |
| Quantum Transport                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    | 11-QTR-Int-201-mo1 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | anbietende Einrichtung             |                    |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |                    |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |                    |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe | --                                 |                    |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |                    |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | weiterführend           | --                                 |                    |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |                    |
| Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen des elektronischen Transports im Festkörper, wobei die Wechselwirkungen und die Wellennatur der Elektronen eine entscheidende Rolle spielen. Behandelt werden die Regime des diffusen und des ballistischen Transports sowie der Coulomb-Blockade. Es werden die Beobachtungen der Elektronen-Interferenz, der Leitwertquantisierung und des Quanten-Hall-Effekt erörtert. Des Weiteren werden thermoelektrische Eigenschaften von Elektronensystemen sowie das Phänomen der Supraleitung besprochen. Grundlage bilden niedrigdimensionale Elektronensysteme und deren quantenmechanische Beschreibung. Relevante Materialsysteme sind Halbleiter-Heterostrukturen sowie topologische Isolatoren, topologische Halbmetalle und topologische Supraleiter. Die Veranstaltung orientiert sich dabei stark an Ergebnissen der aktuellen Forschung. |                         |                                    |                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |                    |
| Der/Die Studierende verfügen über die relevanten Grundkenntnisse aktuelle Transportuntersuchungen zu analysieren und im Rahmen bestehender Modelle zu interpretieren und kritisch zu hinterfragen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |                    |

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Advanced Theory of Quantum Computing and Quantum Information                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | 11-QIC-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| 1. Kurze Zusammenfassung der klassischen Informationstheorie<br>2. Quantentheorie aus der Perspektive der Informationstheorie gesehen<br>3. Zusammengesetzte Systeme und die Schmidt-Zerlegung<br>4. Verschränkungsmaße<br>5. Quantenoperationen, POVMs und die Theoreme von Kraus und Stinespring<br>6. Quantengatter und Quantencomputer<br>7. Elemente der Dekohärenztheorie                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Die Studierenden überwinden in dieser Vorlesung die Lehrbuchinterpretation von Quantenzuständen als Hilbertraumvektoren und ersetzen diese durch ein umfassendes Verständnis von Dichtematrizen. Sie erlernen den sicheren Umgang mit Tensorprodukten und multipartiten Quantensystemen. Ein Schwerpunkt der Vorlesung sind die grundlegenden mathematischen Konzepte der Quanteninformationstheorie und ein Verständnis der Grenzen des Quantencomputing, die durch Dekohärenz entstehen.                                                                                               |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |

#### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Nano-Optics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         | 11-NOP-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Die Vorlesung vermittelt theoretische Grundlagen, experimentelle Techniken und Anwendungen der Nano-Optik ausgehend von der Diskussion der Fokussierung von Licht. Darauf aufbauend werden die Grundlagen moderner optischer Fernfeld-Mikroskopie diskutiert. Im Folgenden wird die optische Nahfeldmikroskopie eingeführt und diskutiert. Als weitere Grundlage werden Quantenemitter eingeführt und deren Lichtemission in Nano-Umgebungen abgeleitet. Hierzu werden Plasmonen in 2D, 1D und 0 Dimensionen eingeführt und ausführlich diskutiert. Dies führt schließlich zum Konzept der optischen Antennen. |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| Der/Die Studierende verfügt über spezifisches, vertieftes Wissen im Fachgebiet Nano-Optik. Er/Sie kennt die theoretischen Grundlagen und Anwendungsgebiete der Nanooptik sowie aktuelle Entwicklungen auf diesem Gebiet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                    |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 39 / 171                     |

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Phenomenology and Theory of Superconductivity                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         | 11-PTS-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts und Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| <p>Physikalische Grundlagen der Supraleitung und Anwendungen (u.a. Apparative Entwicklungen, Methoden der Materialwissenschaften zur Berechnung von Temperaturprofilen in Supraleitern). BCS-Theorie und deren phänomenologische Anwendbarkeit auf verschiedene Klassen von Supraleitern.</p> <p>Erweiterung der Ginzburg-Landau Theorie zu einer quantenfeldtheoretischen Beschreibung mithilfe von Feynman-Diagrammen und Funktionalintegralen. Theoretischer Formalismus zu Ward-Identitäten und Antwortfunktionen, Goldstone-Moden, Phasenfluktuationen und Kopplung zum elektromagnetischen Feld. Interpretation des Meissner-Effekts mithilfe des Higgs-Mechanismus. Zusammenhang von Magnetismus und konventioneller/unkonventioneller Supraleitung. Diskussion von Problemen der aktuellen Forschung und Ausblick zu Supraleitung bei Raumtemperatur.</p>                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| <p>Schwerpunkt dieser Vorlesung ist die Vermittlung des Verständnisses von unkonventioneller Supraleitung und der Wechselwirkung mit Magnetismus im aktuellen Forschungskontext. Die Studierenden verfügen über ein Grundverständnis der Supraleitung als ein makroskopisch beobachtbares Quantenphänomen. Sie sind in der Lage, in Grundzügen die Beiträge der Materialwissenschaften zur Weiterentwicklung der Supraleitung zu beurteilen. Im ersten Teil der Vorlesung wird auf die konventionelle Molekularfeldtheorie der Supraleitung (BCS-Theorie) eingegangen. Anschließend werden die quantenfeldtheoretischen Werkzeuge eingeführt, die notwendig sind, um den mikroskopischen Mechanismus der BCS-Theorie zu erweitern. Insbesondere werden dabei Meissner-Effekt und der Higgs-Mechanismus behandelt. Im letzten Teil der Vorlesung werden aktuelle Fortschritte in der Beschreibung und Analyse von unkonventionellen Supraleitern und ihre faszinierende Verknüpfung mit konkurrierenden magnetischen Phasen diskutiert.</p> |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 41 / 171                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                        |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                           |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Ultrakurzzeitspektroskopie und Quantenkontrolle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | o8-PCM4-161-m01                                                             |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         | anbietende Einrichtung                                                      |
| Dozent/-in des Seminars "Nanoskalige Materialien"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         | Institut für Physikalische und Theoretische Chemie                          |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module                                                     |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                                                          |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen                                                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | weiterführend                                                                                           | Der vorherige erfolgreiche Besuch von o8-PCM1a und o8-PCM1b wird empfohlen. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                                                             |
| Das Modul behandelt spezielle Themen der Ultrakurzzeitspektroskopie und Quantenkontrolle. Schwerpunkte sind ultrakurze Laserimpulse, zeitaufgelöste Laserspektroskopie sowie kohärente Kontrolle.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                                                             |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                                                             |
| Die Studierenden können die Erzeugung ultrakurze Laserimpulse beschreiben sowie diese selbst charakterisieren. Er/Sie kann die zeitaufgelöste Laserspektroskopie theoretisch erklären und experimentelle Methoden anführen. Er/Sie kann Grundlagen und Anwendungen der Quantenkontrolle darstellen.                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                                                             |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                                                             |
| S (2) + Ü (1)<br>Veranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                                                             |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                                                             |
| a) Klausur (ca. 90 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) Vortrag (ca. 30 Min.)<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                                                             |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                                                             |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                                                             |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                                                             |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                                                             |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                                                             |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                                                             |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                                                             |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                                                             |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                                                             |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                                                             |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                                                             |
| Master (1 Hauptfach) Chemie (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematik (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Physik (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Nanostrukturtechnik (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Computational Mathematics (2016)<br>LA Master Gymnasium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2016)<br>Zusatzstudium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Chemie (2018)<br>Master (1 Hauptfach) Computational Mathematics (2019)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematik (2019)<br>Master (1 Hauptfach) Nanostrukturtechnik (2020) |                                                                                                         |                                                                             |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 43 / 171                                                              |

Master (1 Hauptfach) Physik (2020)  
 LA Master Gymnasium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2020)  
 Zusatzstudium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2020)  
 Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
 Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
 Master (1 Hauptfach) Quantentechnologie (2021)  
 Master (1 Hauptfach) Computational Mathematics (2022)  
 Master (1 Hauptfach) Funktionswerkstoffe (2022)  
 Master (1 Hauptfach) Mathematik (2022)  
 Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
 Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)  
 Master (1 Hauptfach) Computational Mathematics (2024)  
 Master (1 Hauptfach) Mathematik (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Advanced Topics in Solid State Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | 11-CSFM-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| Dieses Modul ermöglicht es den Dozierenden der Physik der kondensierten Materie, Vorlesungen zu fortgeschrittenen Themen zu halten, die durch kein anderes Modul abgedeckt werden können. Diese Vorlesungen können entweder neue Entwicklungen in der Forschung einbinden oder Themen behandeln, die nicht im regulären Lehrzyklus enthalten sind.                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| Die Studierenden vertiefen ihr Wissen und ihr Verständnis einer fortgeschrittenen Thematik der Physik der kondensierten Materie und erwerben dadurch Einblicke in die Schnittstelle zwischen Forschung und Lehre.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Methods of Observational Astronomy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | 11-ASM-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Methoden der beobachtenden Astronomie in verschiedenen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums. Auswertung von Beobachtungsdaten von Radioteleskopen, optischen Teleskopen, sowie Röntgen- und Gammastrahlenteleskopen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die Methoden der beobachtenden Astronomie in verschiedenen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums (Radio, Optisch, Röntgen und Gamma). Sie kennen die Prinzipien und Anwendungsgebiete der Methoden und sind in der Lage, verschiedene Beobachtungen durchzuführen und auszuwerten.                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Experimental Particle Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | 11-TPE-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Physik mit modernen Teilchendetektoren am LHC und Tevatron. Suche nach dem Higgsboson. Suche nach Supersymmetrie und anderer Physik jenseits des Standardmodells. Bestimmung der Top- und W-Masse sowie weitere Parameter des Standardmodells. Einführung in moderne Analysemethoden und Abschätzung der systematischen Fehler.                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Die Studierenden kennen die Grundlagen der Physik an modernen Teilchendetektoren, insbesondere aktuell offener Fragen der Teilchenphysik, die mit diesen untersucht werden. Sie wissen um moderne Analysemethoden und sind in der Lage, deren Ergebnisse einzuordnen und Fehler einzuschätzen.                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Introduction to Space Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         | 11-ASP-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| 1. Übersicht<br>2. Dynamik geladener Teilchen in magnetischen und elektrischen Feldern<br>3. Elemente der Weltraumphysik<br>4. Die Sonne und Heliosphäre<br>5. Beschleunigung und Transport von energiereichen Teilchen in der Heliosphäre<br>6. Instrumente zur Messung energiereicher Teilchen im Weltraum                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden erlangen Grundwissen in der Weltraumphysik, insbesondere der Beschreibung der Dynamik geladener Teilchen im Weltraum und speziell in der Heliosphäre. Sie erwerben Kenntnisse der relevanten Parameter, der theoretischen Konzepte und der Methoden zu ihrer Messung.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 48 / 171                     |

Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Multi-wavelength Astronomy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         | 11-MAS-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| 1. Phänomenologie aktiver Galaxienkerne und extragalaktischer Jets<br>2. Jet-Emissionsprozesse<br>3. VLBI Beobachtungen von Jets<br>4. Hochenergie-Beobachtungen von Jets<br>5. Multimessenger Signaturen von Jets                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Es werden Kenntnisse der Mutliwellenlängen-Astronomie am Beispiel von aktiven Galaxienkernen und ihrer Jets vermittelt. Der Schwerpunkt der Übung liegt auf der Einarbeitung in eine spezielle noch nicht abschließend geklärte Fragestellung der Astronomie sowie der Erstellung eines astronomischen Beobachtungsantrages.                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 50 / 171                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Advanced Topics in Astrophysics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | 11-CSAM-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Einzelne Kapitel der Astrophysik mit Bezügen zu aktuellen Fragestellungen werden vertieft ausgearbeitet. Dabei werden Konzepte der Astrophysik zu Sternenaufbau und -entwicklung, Strahlungstransport, Gasdynamik, Heiz- und Kühlprozessen des interstellaren Mediums, Astrochemie, Akkretion und Jets, Galaxienentwicklung oder ähnlichen Themen vermittelt                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Der/die Studierende verfügt über fortgeschrittenes Wissen in Teilgebieten der Astrophysik und kann sich aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen erarbeiten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | Kurzbezeichnung                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Advanced Magnetic Resonance Imaging                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 11-MRI-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| <p>Die Kernspinresonanz (NMR) ist ein quantenmechanisches Phänomen. Die Erweiterung der NMR zur Kernspintomographie oder Magnetresonanztomographie (MRT) hat in den letzten 30 Jahren eine führende Rolle in der Fortentwicklung der medizinischen Bildgebungsverfahren gespielt. Ausgehend von den fundamentalen Prinzipien der NMR (Resonanzprinzip, Relaxationszeiten, Chemische Verschiebung) beinhaltet dieser Kurs</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) die NMR Signaltheorie und die Signalentwicklung (Bloch-Gleichungen),</li> <li>2) die MRT-Prinzipien der Ortskodierung und die zugehörigen Bildgebungstechniken und Messparameter,</li> <li>3) das k-Raum-Konzept und die Fourierbildgebung,</li> <li>4) die physikalischen, methodischen und technischen Möglichkeiten und Grenzen der MRT. Abschließend werden die typischen Anwendungsfelder der MRT in der biomedizinischen Forschung, in der klinischen Routineanwendung und zur zerstörungsfreien Materialprüfung vorgestellt.</li> </ol> |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| <p>Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse der mathematisch-theoretischen und physikalischen Grundlagen der modernen bildgebenden Magnetresonanz, der Gerätetechnik und der Bildentstehung und -bearbeitung. Sie erhalten einen breiten Überblick über das Gesamtgebiet der modernen MRT und ihre interdisziplinären Zusammenhänge und Anwendungen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| <p>V (3) + R (1)<br/>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br/>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Lehrturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |

### Bezug zur LPO I

--

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Surface Science                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         | 11-SSC-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| <p>Bedeutung von Oberflächen und inneren Grenzflächen, Unterscheidung von Volumenphasen, klassische Beschreibung, Kontinuumsmodelle</p> <p>Atomare Struktur: Rekonstruktionen und Adsorbate, Oberflächenorientierung und Symmetrien, Mikroskopische Prozesse an Oberflächen,</p> <p>Thermodynamik von Oberflächen, Adsorption und Desorption, Gleichgewichte, thermodynamische Phasen, experimentelle Charakterisierung,</p> <p>Elektronische Struktur von Oberflächen, Chemische Bindung, Oberflächenzustände, Spin-Bahn-Kopplung: Rashba-Effekt und Topologische Isolatoren, Magnetismus an Oberflächen</p>                      |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| <p>Die Studentinnen und Studenten verfügen über einen Überblick über die vielfältigen Aspekte der Oberflächenphysik und kennen insbesondere die Ursachen und Zusammenhänge der physikalischen Besonderheiten an Oberflächen und Grenzflächen. Zudem kennen die Studentinnen und Studenten die wichtigsten modernen Untersuchungsmethoden und ihre spezifischen Anwendungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit der Oberflächenphysik.</p>                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| <p>V (3) + R (1)</p> <p>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder</p> <p>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder</p> <p>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder</p> <p>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder</p> <p>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).</p> <p>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.</p> <p>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.</p> <p>Prüfungssprache: Englisch</p> <p>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p> |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 54 / 171                     |

#### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Basic Imaging Concepts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         | 11-BIC-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| <p>Gegenstand der Vorlesung bildet eine Einführung in generische Bildgebungskonzepte, physikalische Bildgebungsmethoden und umfassende Aspekte aller Bildgebungsmodalitäten, u.a. 1) Konzepte der Fourierbildgebung, 2) Tomographie (Radon-Transformation, „Central-slice“-Theorem, 3) Systemtheorie bildgebender Systeme, und 4) Aspekte der Bildqualität (Punktbildfunktion, Modulationstransferfunktion, räumliche Auflösung, Kontrast, Rauschen). Verschiedene Methoden der Bildakquisition werden eingeführt und es wird ein umfassender Überblick über moderne Bildgebungsmodalitäten in der Biomedizin, der Materialwissenschaften und der Astrophysik gegeben.</p> |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| <p>Die Studierenden kennen die physikalischen Grundlagen bildgebender Verfahren und deren Anwendung. Sie verstehen die Prinzipien der Bildentstehung und sind in der Lage verschiedenen Verfahren zu erläutern und einfache Bilder zu interpretieren.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| <p>V (3) + R (1)<br/>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br/>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p>                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus: jährlich, nach Ankündigung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| <p>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br/>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 56 / 171                     |

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Contemporary Astrophysics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | 11-CAP-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Geschichte der Astronomie, Koordinaten und Zeitmessung, das Sonnensystem, Exoplaneten, Astronomische Größenskalen, Teleskope und Detektoren, Sternaufbau und Sternatmosphären, Entwicklung und Endstadien von Sternen, Interstellares Medium, Molekülwolken, Aufbau der Milchstraße, Lokales Universum, Expandierende Raumzeit, Galaxien, Aktive Galaxienkerne, großskalige Strukturen, Kosmologie.                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Der/Die Studierende ist mit dem modernen Weltbild der Astrophysik vertraut. Er/Sie kennt die Methoden und Geräte, mit denen astrophysikalische Beobachtungen gemacht und ausgewertet werden. Er/Sie ist in der Lage, eigene Beobachtungen unter Anwendung dieser Methoden zu planen und zu interpretieren. Er/Sie ist vertraut mit der Physik und Entwicklung der wichtigsten astrophysikalischen Objekte, wie z.B. Sternen und Galaxien.                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Lehrturnus: jährlich, nach Ankündigung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Advanced Astro Imaging                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | 11-AAI-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| <p>1) Image Acquisition: a) Motivation: History of Astronomical Imaging - From the Eye to the Detector; b) Atmospheric Transmission: Ground Based vs. Space Based Imaging; c) Observing Techniques and Instruments; d) Optical Detector Types and CCD Properties; e) Imaging in Other Bands of the Electromagnetic Spectrum</p> <p>2) Image Processing: a) Data Formats and Imaging Software; b) Basic Methods: Pixel Operations and Statistics; c) Basic Methods II: Image Operations; d) Image Reduction- / Calibration; e) Imaging in Color f) Image Processing Algorithms</p> <p>3) Advanced Processing: a) FITS File Format; b) Image Reconstruction; c) Fourier Analysis; d) Speckle Interferometry; e) Maximum Entropy Methods; f) Interferometry; g) Image Classification, Machine Learning Methods</p> <p>4) Outlook: a) Future Challenges: Scientific Questions / Instruments / Data Processing; b) Future Facilities Radio to Gamma-rays; c) Imaging in Other Scientific Fields</p> |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| <p>The aim of the module is to convey a fundamental understanding of imaging methods using examples from modern astronomy, incorporating measurements from ground- and space-based instruments. The students acquire the following qualifications: ability to process and interpret raw-image data, to perform data reduction, image analysis, application and improvement of processing algorithms. The concepts and methods are not limited to the field of astronomy but applicable to many other areas.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                    |
| <p>V (3) + R (1)<br/>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br/>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 59 / 171                     |

|                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                  |
| k. A.                                                                                                                                              |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                             |
| --                                                                                                                                                 |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    | Kurzbezeichnung    |
| Advanced Computer Tomography                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    | 11-CTA-Int-201-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | anbietende Einrichtung             |                    |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |                    |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |                    |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | numerische Notenvergabe | --                                 |                    |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |                    |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | weiterführend           | --                                 |                    |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |                    |
| <p>This advanced course focuses on the details of modern computed tomography (CT), which is employed both in medical and industrial imaging applications. In addition to the technicalities of CT systems and their application to various tasks in engineering and medical science, this lecture emphasizes on the mathematics of “inverting the Radon transform”. Starting with the simple Filtered Back Projection method which is applied to a variety of standard recording geometries (parallel, fan, cone, helix) the advanced course lays out the strategies for algebraic reconstruction techniques (ART) along with many types of regularization schemes which may accompany these methods. Students will have the opportunity to see how Radon data is recorded and how different error sources as well as the corresponding correction schemes influence the outcome of the reconstructed volume images. Finally the most common tools for volume image analysis are presented, such as distance transforms, watersheds, labelling and fiber orientation analysis.</p> |                         |                                    |                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |                    |
| <p>The student know the concept of Computed tomography (CT) and its applications. From the formulation of the basic inverse problem posed by this technique the students are able to derive strategies for different numerical solutions, based on Fourier analysis and/or based on probability theory. Most importantly the students have a firm impression (first-hand experience) of the various sources of measurement errors in CT which can impede any well-prepared reconstruction.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br/>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |                    |
| Lehrturnus: jährlich, nach Ankündigung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |                    |

**Bezug zur LPO I**

--

**Verwendung des Moduls in Studienfächern**

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Electron and Ion Microscopy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 11-EIM-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Theoretische Grundlagen. Elektronen- und Ionenquellen, Optik geladener Teilchen, Wechselwirkung von Materie mit Elektronen und geladenen Teilchen, Detektoren, Messprinzipien: SEM, STEM, TEM, Probenpräparation, Fortgeschrittenen Kontrastmechanismen: EBSD, EELS, EDS, Kathodolumineszenz                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Der/Die Studierende verfügt über spezifisches, vertieftes Wissen im Bereich der Elektronen- und Ionenmikroskopie. Er/Sie kennt die theoretischen und instrumentellen Grundlagen sowie Detektorprinzipien und Kontrastmechanismen. Er/Sie kennt die verschiedenen Modi der Elektronenmikroskopie und ihre Anwendungen. Er/Sie kennt die aktuellen Entwicklungen auf diesem Gebiet.                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Lehrturnus: jährlich, nach Ankündigung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Scanning Probe Technologies                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 11-SPT-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Physikalischen Instituts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Theoretische Grundlagen der Kraft-, Rastertunnel- und optischer Nahfeldmikroskopie; Grundlagen der Oberflächenphysik; Spitze-Probe Wechselwirkungen; Designprinzipien und Materialbetrachtungen; Grundlagen der Regeltechnik; Messmodi, wie z.B. Kontakt- und Nichtkontaktmethoden, Kelvinprobe, Reibungskraftmikroskopie, usw.; Grundlagen der Darstellung und Bearbeitung mikroskopischer Messdaten; Messtechnische Verfahren: Lock-In, phase-lock loop, etc. Anwendungen                                                                                                              |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Der/Die Studierende verfügt über spezifisches, vertieftes Wissen im Bereich der Rastermikroskopie. Er/Sie kennt die theoretischen und instrumentellen Grundlagen sowie Messmodi und Kontrastmechanismen und ihre Anwendungen. Er/Sie kennt die aktuellen Entwicklungen auf diesem Gebiet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Lehrturnus: jährlich, nach Ankündigung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   | Kurzbezeichnung    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|
| Visiting Research                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   | 11-FPA-Int-201-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | anbietende Einrichtung                            |                    |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |                    |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |                    |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe | --                                                |                    |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |                    |
| 1-2 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |                    |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                    |
| Selbstständiges Erarbeiten eines aktuellen Forschungsgebietes aus der experimentellen oder theoretischen Physik und Durchführung von wissenschaftlichen Experimenten mit Analyse und Dokumentation der erzielten Ergebnisse, insbesondere im Rahmen eines Forschungsaufenthaltes an einer Universität oder an einem Forschungsinstitut. |                         |                                                   |                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |                    |
| Der/Die Studierende verfügt über die Fähigkeit, sich selbstständig in ein aktuelles Forschungsgebiet der experimentellen oder theoretischen Physik einzuarbeiten und wissenschaftliche Experimente durchzuführen sowie diese zu analysieren und die erzielten Ergebnisse zu dokumentieren.                                              |                         |                                                   |                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |                    |
| R (o)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                    |
| Projektbericht (ca. 10-20 S.)<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                   |                    |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                            |                         |                                                   |                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics in Experimental Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | 11-EXE5-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Experimentellen Physik, Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt fortgeschrittene Kompetenzen, die den Anforderungen an ein Modul der Experimentellen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie verfügt über Kenntnisse auf einem aktuellen Teilgebiet der Experimentellen Physik und das Verständnis der Mess- und/oder Auswertungsmethoden, die zu deren Erwerb notwendig sind. Er/Sie kann das Erlernte in die fachlichen Zusammenhänge einordnen und kennt die Anwendungsgebiete.                                                                        |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| V (2) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics in Experimental Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | 11-EXE6-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Experimentellen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt fortgeschrittene Kompetenzen, die den Anforderungen an ein Modul der Experimentellen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie verfügt über Kenntnisse auf einem aktuellen Teilgebiet der Experimentellen Physik und das Verständnis der Mess- und/oder Auswertungsmethoden, die zu deren Erwerb notwendig sind. Er/Sie kann das Erlernete in die fachlichen Zusammenhänge einordnen und kennt die Anwendungsgebiete.                                                           |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics in Experimental Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | 11-EXE7-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Experimentellen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt fortgeschrittene Kompetenzen, die den Anforderungen an ein Modul der Experimentellen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie verfügt über Kenntnisse auf einem aktuellen Teilgebiet der Experimentellen Physik und das Verständnis der Mess- und/oder Auswertungsmethoden, die zu deren Erwerb notwendig sind. Er/Sie kann das Erlernte in die fachlichen Zusammenhänge einordnen und kennt die Anwendungsgebiete.                                                            |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| 210 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics in Experimental Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | 11-EXE8-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Experimentellen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt fortgeschrittene Kompetenzen, die den Anforderungen an ein Modul der Experimentellen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie verfügt über Kenntnisse auf einem aktuellen Teilgebiet der Experimentellen Physik und das Verständnis der Mess- und/oder Auswertungsmethoden, die zu deren Erwerb notwendig sind. Er/Sie kann das Erlernete in die fachlichen Zusammenhänge einordnen und kennt die Anwendungsgebiete.                                                           |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics in Experimental Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | 11-EXE6A-Int-201-m01                              |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Experimentellen Physik, angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt fortgeschrittene Kompetenzen, die den Anforderungen an ein Modul der Experimentellen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie verfügt über Kenntnisse auf einem aktuellen Teilgebiet der Experimentellen Physik und das Verständnis der Mess- und/oder Auswertungsmethoden, die zu deren Erwerb notwendig sind. Er/Sie kann das Erlernete in die fachlichen Zusammenhänge einordnen und kennt die Anwendungsgebiete.                                                           |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics in Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | 11-EXP6-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Experimentellen oder Theoretischen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt fortgeschrittenes Kompetenzen, die den Anforderungen an ein Modul der Experimentellen oder Theoretischen Physik im Masterstudiengang Nanostrukturtechnik entsprechen. Er/Sie verfügt über Kenntnisse auf einem aktuellen Teilgebiet der Physik und das Verständnis der Mess- und/oder Rechenmethoden, die zu deren Erwerb notwendig sind. Er/Sie kann das Erlernte in die fachlichen Zusammenhänge einordnen und kennt die Anwendungsgebiete.                                         |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| V (3) + R (1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |

# Theoretische Physik

(10 ECTS-Punkte)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Quantum Mechanics II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 11-QM2-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | grundständig            | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| <p>Quantenmechanik 2 stellt die zentrale theoretische Physikvorlesung im Masterstudiengang dar. Sie baut auf den Grundlagen auf, die im Bachelorprogramm mit der Vorlesung "Quantenmechanik 1" vermittelt werden. Die Akzentuierung des Kanons in "Quantenmechanik 2" kann in verschiedenen Semestern abweichen, sollte aber den Großteil folgender Kernthemen beinhalten:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zweite Quantisierung: Fermionen und Bosonen</li> <li>2. Bandstrukturen von Teilchen im Kristall</li> <li>3. Drehimpuls, Symmetrieeoperatoren, Lie-Algebren</li> <li>4. Streutheorie: Potentialstreuung, Partialwellenentwicklung</li> <li>5. Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon Gleichung, Dirac-Gleichung, Lorentzgruppe, Feinstrukturaufspaltung</li> <li>6. Quantenverschränkung</li> <li>7. Kanonischer Formalismus</li> </ol> |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse der fortgeschrittenen Quantenmechanik. Diese sind für die meisten im Master-Programm angebotenen Theoriekurse in Astrophysik, Teilchenphysik oder in der Physik der kondensierten Materie/Festkörperphysik von großer Bedeutung. Der Kurs ist verpflichtend für alle Masterstudenten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/> b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/> c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/> d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/> e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).</p> <p>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.</p> <p>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.</p> <p>Prüfungssprache: Englisch</p> <p>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p>                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                        |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                           |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Theoretical Quantum Optics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | 11-TQO-Int-221-mo1                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| 1. Semi-klassische Atom-Feld-Wechselwirkung<br>2. Wechselwirkung von Atomen mit quantisierten Lichtfeldern und das „Dressed-Atom“ Modell<br>3. Master-Gleichung und Theorie der offenen Systeme<br>4. Kohärenz- und Interferenzeffekte<br>5. Kohärente Licht-Propagation in resonanten atomaren Medien<br>6. Photonen-Statistik und -Korrelationen<br>7. Quantenoptik der Vielteilchen-Systeme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Die Studierenden machen sich mit der Wechselwirkung von Licht mit Atomen auf der mikroskopischen Ebene vertraut. Sie erlernen den sicheren Umgang mit dem Dichte-Matrix-Formalismus für Quantensysteme und die nötigen mathematischen Konzepte dafür. Ein Schwerpunkt der Vorlesung sind die Quanteneigenschaften des Lichts, Photonenstatistik und Korrelationen, sowie deren experimentelle Signatur. Ein anderer Schwerpunkt bildet die Theorie der offenen Systeme. Die Studierenden lernen die Master-Gleichung mit Lindblad--Superoperatoren kennen. Des Weiteren machen sie sich mit der Modellierung von Kohärenz- und Interferenz-Effekte in der Propagation von Licht durch atomare Medien vertraut. Ein weiteres Ziel ist das Verständnis der kollektiven Effekte in Vielteilchen-Systeme: Superradianz, Subradianz und Energie--Verschiebungen, und deren Anwendungen. |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 30 Min. je TN) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |

### Bezug zur LPO I

--

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulbezeichnung</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | <b>Kurzbezeichnung</b>             |
| Theory of Relativity                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | 11-RTT-Int-201-m01                 |
| <b>Modulverantwortung</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         | <b>anbietende Einrichtung</b>      |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| <b>ECTS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Bewertungsart</b>                                                                                    | <b>zuvor bestandene Module</b>     |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| <b>Moduldauer</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Niveau</b>                                                                                           | <b>weitere Voraussetzungen</b>     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| <b>Inhalte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| 1. Mathematische Grundlagen<br>2. Differentialformen<br>3. Kurze Zusammenfassung der speziellen Relativitätstheorie<br>4. Elemente der Differentialgeometrie<br>5. Elektrodynamik als Beispiel einer relativistischen Eichtheorie<br>6. Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie<br>7. Sternleichgewichtsmodelle<br>8. Einführung in die Kosmologie                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| <b>Qualifikationsziele / Kompetenzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden werden mit den grundlegenden physikalischen und mathematischen Konzepten der allgemeinen Relativitätstheorie vertraut gemacht. Ein Schwerpunkt ist dabei eine moderne Formulierung mit Hilfe von Differentialformen. Außerdem wird die formale Ähnlichkeit zwischen der Elektrodynamik als Eichtheorie und der Allgemeinen Relativitätstheorie betont. Die Studierenden lernen, die Theorie auf einfache Sternleichgewichtsmodelle anzuwenden und kommen mit grundlegenden Elementen der Kosmologie in Kontakt.                                             |                                                                                                         |                                    |
| <b>Lehrveranstaltungen</b> (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| <b>Erfolgsüberprüfung</b> (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| <b>Platzvergabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 77 / 171                     |

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Renormalization Group Methods in Field Theory                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | 11-RMFT-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| <p>In Ergänzung zu der Vorlesung "Renormierungsgruppe und Kritische Phänomene" (11-CRP) konzentriert sich dieser Kurs auf die diagrammatische Formulierung von Renormierungsgruppen-Flussgleichungen und deren Verknüpfung mit der diagrammatischen Störungstheorie. Für wechselwirkenden Fermie-Systeme beinhaltet dies im Besonderen die funktionale Renormierungsgruppe (FRG). Eine Themenauswahl könnte sich wie folgt darstellen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Wilsonsche Renormierungsgruppe (RG)</li> <li>2. Pfadintegrale für wechselwirkende Fermisysteme</li> <li>3. Bethe-Salpeter-Gleichung</li> <li>4. Flussgleichungen für den 1-Teilchen und den 2-Teilchen-Vertex (FRG)</li> <li>5. Vergleich mit alternativen Resummierungsschemata (wie zum Beispiel die "random phase approximation")</li> <li>6. RG Flussgleichungen für Spinsysteme</li> </ol> |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Der Kurs macht die Teilnehmenden mit der diagrammbasierten Beschreibung von Vielteilchensystemen vertraut. Dies bildet die Grundlage und den theoretischen Rahmen dafür, Phänomene wie Supraleitung, Ladungs/Spin-Dichtewellen sowie nematische Instabilitäten zu untersuchen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).</p> <p>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.</p> <p>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: Jährlich, nach Bekanntgabe</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 79 / 171                     |

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Physics of Complex Systems                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         | 11-PKS-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| 1. Kurze Zusammenführung der Theorie kritischer Phänomene im Gleichgewicht<br>2. Einführung in die Physik der Nichtgleichgewichtssysteme<br>3. Entropieproduktion und Fluktuationstheoreme<br>4. Phasenübergänge fernab vom Gleichgewicht und das Konzept der Universalität<br>6. Spingläser<br>7. Einführung in die Theorie neuronaler Netzwerke                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studierenden mit einer großen Vielfalt von Konzepten und Methoden vertraut zu machen, mit denen es möglich ist, kooperative Phänomene in komplexen Vielteilchensystemen zu verstehen. Der Schwerpunkt liegt dabei unter anderem in Verständnis von Entropie und Entropieproduktion, dem Konzept der Universalität und der zentralen Bedeutung von Symmetrien. Mit der Vorlesung sollen die Studierenden auf eine Forschungstätigkeit in verschiedenen Bereichen der Physik komplexer Systeme vorbereitet werden.                           |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| V (2) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 81 / 171                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Advanced Theory of Quantum Computing and Quantum Information                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | 11-QIC-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| 1. Kurze Zusammenfassung der klassischen Informationstheorie<br>2. Quantentheorie aus der Perspektive der Informationstheorie gesehen<br>3. Zusammengesetzte Systeme und die Schmidt-Zerlegung<br>4. Verschränkungsmaße<br>5. Quantenoperationen, POVMs und die Theoreme von Kraus und Stinespring<br>6. Quantengatter und Quantencomputer<br>7. Elemente der Dekohärenztheorie                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Die Studierenden überwinden in dieser Vorlesung die Lehrbuchinterpretation von Quantenzuständen als Hilbertraumvektoren und ersetzen diese durch ein umfassendes Verständnis von Dichtematrizen. Sie erlernen den sicheren Umgang mit Tensorprodukten und multipartiten Quantensystemen. Ein Schwerpunkt der Vorlesung sind die grundlegenden mathematischen Konzepte der Quanteninformationstheorie und ein Verständnis der Grenzen des Quantencomputing, die durch Dekohärenz entstehen.                                                                                               |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |

#### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | Kurzbezeichnung                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Theoretical Solid State Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | 11-TFK-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| <p>Der Inhalt dieser zweisemestrigen Vorlesung wird zu einem gewissen Grad von den Dozierenden abhängen und kann Themen enthalten, die alternativ auch als "Quantum Vielteilchenphysik" angeboten werden können. Ein möglicher Syllabus wäre:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bandstrukturen (Sommerfeld Theorie der Metalle, Bloch-Theorem, k.p Ansatz und effektive Hamiltonoperatoren für topologische Isolatoren (TI), Bulk-Oberfläche Korrespondenz, allgemeine Eigenschaften von TIs)</li> <li>2. Elektron-Elektron Wechselwirkungen in Festkörpern (Methode der Pfadintegral für schwach wechselwirkende Fermi-Systeme, Molekularfeldtheorie, Random-Phase-Approximation (RPA), Dichtefunktionaltheorie)</li> <li>3. Anwendungen der Molekularfeldtheorie und der RPA auf magnetische Systeme</li> <li>4. Die BCS-Theorie der Supraleitung</li> </ol> |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| <p>Während der zweisemestrigen Vorlesung erwerben die Studierenden ein Grundverständnis vieler Themen der Festkörperphysik, die in den klassischen Lehrbüchern behandelt werden, und vertiefen somit ihr Verständnis der zugrundeliegenden Konzepte und der zur Beschreibung zur Verfügung stehenden Methoden. Die Vorlesung baut auf die Kurse "Experimentelle Physik der kondensierten Materie" und "Quantum Mechanik" auf.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| <p>V (4) + R (2)<br/>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br/>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br/>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p>                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |

### Bezug zur LPO I

--

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Theoretical Solid State Physics 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | 11-TFK2-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| <p>Eine mögliche Fortsetzung des Syllabus des ersten Semesters (11-TFK) wäre:</p> <p>5. weitere Themen der Supraleitung (Bogoliubov-de Gennes-Gleichungen, effektive Feldtheorie, Higgs-Mechanismus im elektromagnetischen Feld)</p> <p>6. unkonventionelle Supraleiter (z.B. CUO-Supraleiter)</p> <p>7. Die Methode der Greenschen Funktionen und Feynman-Diagramme</p> <p>8. Der Kondo-Effekt (Andersons "poor mans scaling", Renormierungsgruppe)</p>                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| <p>Während der zweisemestrigen Vorlesung erwerben die Studierenden ein Grundverständnis vieler Themen der Festkörperphysik, die in den klassischen Lehrbüchern behandelt werden, und vertiefen somit ihr Verständnis der zugrunde liegenden Konzepte und der zur Beschreibung zur Verfügung stehenden Methoden. Die Vorlesung baut auf die Kurse "Experimentelle Physik der kondensierten Materie" und "Quantum Mechanik" auf.</p>                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| <p>V (4) + R (2)</p> <p>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).</p> <p>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.</p> <p>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.</p> <p>Prüfungssprache: Englisch</p> <p>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p> |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| <p>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)</p> <p>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)</p> <p>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 86 / 171                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Topological Effects in Solid State Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | 11-TEFK-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| 1. Geometrische Phasen in der Quantenmechanik<br>2. Mathematische Grundlagen der Topologie<br>3. Zeitumkehrsymmetrie<br>4. Hall Leitfähigkeit und Chernzahl<br>5. Volumen-Rand-Korrespondenz<br>6. Graphen (als topologischer Isolator)<br>7. Quanten Spin Hall Isolatoren<br>8. Z <sub>2</sub> Invarianten<br>9. Topologische Supraleiter                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Die Studenten/Studentinnen werden ein theoretisches Verständnis von topologischen Konzepten in der modernen Festkörperphysik erlangen. Diese Konzepte dienen als Basis vieler Forschungsaktivitäten an der Fakultät für Physik und Astronomie der Universität Würzburg.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 87 / 171                     |

#### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Field Theory in Solid State Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         | 11-FFK-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| <p>Das Thema der Vorlesung wird die Quantenphysik von Vielteilchensystemen sein, die hier mit den störungstheoretischen Methoden der Greenschen Funktionen eingeführt wird. Ein möglicher Syllabus wäre:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Greensche Einteilchenfunktion</li> <li>2. Zweite Quantisierung</li> <li>3. Störungstheorie mit Greenschen Funktionen bei Temperatur <math>T=0</math></li> <li>4. Störungstheorie für endliche Temperaturen</li> <li>5. Die Landausche Theorie der Fermi-Flüssigkeiten</li> <li>6. Supraleitung</li> <li>7. Eindimensionale Systeme und Bosonisierung</li> </ol> |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| <p>Die Studierenden erlernen die störungstechnischen Methoden der (nicht-relativistischen) Quantenfeldtheorie. Diese Kenntnisse ermöglichen es Ihnen, Eigenschaften von Fermi-Flüssigkeiten (sowie bosonische Systeme) über das Einteilchenbild hinaus zu untersuchen und Phänomene wie Supraleitung oder den Kondo-Effekt zu verstehen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| <p>V (4) + R (2)<br/>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br/>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p>                 |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 89 / 171                     |

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Selected Topics of Theoretical Solid State Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | 11-AKTF-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| In dieser Vorlesung werden ausgewählte Kapitel der Theoretischen Festkörperphysik vorgestellt. Dabei sollen neuere Entwicklungen aufgenommen werden, um die Studierenden an aktuelle Forschungsthemen heranzuführen. Mögliche Themen sind beispielsweise Vielteilchenlokalisierung oder Dynamische Quantenmaterie.                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden lernen Festkörpersysteme in der Präsenz von Unordnung und Wechselwirkung theoretisch zu beschreiben. Das soll auf Basis von analytischen und numerischen Methoden geschehen. Dadurch wird der Übergang vom Studierenden zum Forschenden nahtloser gestaltet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 91 / 171                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Computational Materials Science (DFT)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | 11-CMS-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| 1. Dichtefunktionaltheorie (DFT)<br>2. Wannierfunktionen und lokalisierte Basissysteme<br>3. Numerische Auswertung topologischer Invarianten<br>4. Hartree-Fock und statische Molekularfeldtheorie<br>5. Vielteilchen-Rechenmethoden für Festkörpertheorien<br>6. Das Anderson-Impurity-Modell (AIM) und Kondo-Physik<br>7. Dynamische Molekularfeldtheorie (DMFT)<br>8. DFT + DMFT Methoden zur realistischen Behandlung von Festkörpern<br>9. Stark korrelierte Elektronensysteme                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| Neben der theoretischen Behandlung dieser Themen finden "hands-on-Übungen im CIP-Pool statt. Die Teilnehmer werden in die Benutzung von DFT-Softwarepaketen wie z.B. VASP oder Wienzk eingeführt, sowie der Konstruktion maximal lokalisierter Wannierfunktionen durch Projektion der DFT-Ergebnisse auf Atomorbitale mit der Software wannier90. Die Studenten lernen außerdem, wie man Vielteilchen-Lösungen des AIMS erstellt und betrachten dessen Grenzfälle, wie z.B. ds Kondo-Regime. Impurity-Solver wie exakte Diagonalisierung oder Continuous-time Quantum Monte Carlo werden benutzt, um die Selbstkonsistenzgleichungen der dynamischen Molekularfeldtheorie (DMFT) zu lösen. |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 92 / 171                     |

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Conformal Field Theory                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | 11-KFT-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| <p>Konforme Feldtheorie (KFT) wurde in den 1980er Jahren entwickelt, und fand unmittelbare Anwendungen in der Stringtheorie und der statistischen Mechanik. Insbesondere konnten die kritischen Exponenten und die Korrelationsfunktionen vieler zweidimensionaler Modelle (Ising, trikritischer Ising, 3-Zustand Potts, etc.) exakt berechnet werden. Die physikalische Idee ist, dass sich das Prinzip der Skalenvarianz von einer globalen auf eine lokale Invarianz erweitern lässt, die dann aus Konsistenzgründen der konformen Invarianz entspricht. Diese bringt eine reiche und faszinierende mathematische Struktur für zweidimensionale Systeme (entweder zwei Raum- oder eine Zeit- und eine Raumdimension) mit sich.</p> <p>In den folgenden Jahren wurde die KFT in vielen Bereichen der Festkörperphysik relevant. Dazu zählen die Abelsche und die nicht-Abelsche Bosonisierung, Quantenhalbzustände (die durch konforme Korrelatoren und deren Randzustände durch 1+1 dimensionale KFTen beschrieben werden), der Zwei-Kanal-Kondo-Effekt, fraktionale topologische Isolatoren, und fehlertolerante, topologische Quantencomputer (Ising und Fibonacci Anyonen verdienen beispielsweise ihre Namen den "fusions rules" der assoziierten, konformen Feldern).</p> <p>Ein potentieller Lehrplan für das erste Semester des Kurses ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Einleitung</li> <li>1 Konforme Theorien in D Dimensionen</li> <li>2 Konforme Theorien in D=2</li> <li>3 Die zentrale Ladung und die Virasoro Algebra</li> <li>4 Kac-Determinante und Unitarität</li> </ul> |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| <p>Die Studierenden erwerben praktische und konzeptionelle Vertrautheit mit den Methoden der konformen Feldtheorie, der kritischen Phänomene, der Quantenfeldtheorie und der Funktionalintegrale. Der Kurs richtet sich vor allem an Studierende der theoretischen Physik, und möchten deren allgemeines Niveau durch Erlernen eines anspruchsvollen Teilgebietes mit Anwendungen in vielen Teilgebieten der Physik der kondensierten Materie anheben.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| <p>V (3) + R (1)<br/>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br/>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br/>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).</p> <p>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.</p> <p>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |

|                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                             |
| --                                                                                                                                                 |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                              |
| 180 h                                                                                                                                              |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                  |
| k. A.                                                                                                                                              |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                             |
| --                                                                                                                                                 |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Conformal Field Theory 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         | 11-KFT2-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| 5. Minimale Modelle<br>6. Freie Bosonen und Fermionen<br>7. Freie Fermionen auf dem Torus<br>8. Freie Bosonen auf dem Torus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden erwerben praktische und konzeptionelle Vertrautheit mit den Methoden der konformen Feldtheorie. Da der Kurs nur "Quantenmechanik II" (11-QM2) voraussetzt, erwerben sie auch ein Grundverständnis der kritischen Phänomene, der Quantenfeldtheorie und der Funktionalintegrale. Der Kurs richtet sich vor allem an Studierende der theoretischen Physik, und möchten deren allgemeines Niveau durch Erlernen eines anspruchsvollen Teilgebietes mit Anwendungen in vielen Teilgebieten der Physik der kondensierten Materie anheben.                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 96 / 171                     |

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Kurzbezeichnung                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| Group Theory                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | 11-GRTM-Int-201-m01                              |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | anbietende Einrichtung                           |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | Fakultät für Physik und Astronomie               |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                          |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe | --                                               |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                          |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                  |
| Gruppentheorie. Endliche Gruppen. Lie-Gruppen. Lie-Algebren. Darstellungen. Tensoren. Klassifikationstheorem. Anwendungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                  |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                  |
| Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Gruppentheorie, insbesondere der Lie-Gruppen. Sie sind in der Lage, Problemstellungen der Gruppentheorie zu erkennen und mit Hilfe der erlernten Methoden zu lösen. Sie können die Gruppentheorie zur Formulierung und Bearbeitung physikalischer Probleme anwenden                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                  |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                  |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                  |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                  |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                                  |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                  |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                  |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                  |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                  |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                  |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                  |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                  |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                  |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                  |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Renormalization Group and Critical Phenomena                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         | 11-CRP-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| 1. Phasenübergänge<br>2. Molekularfeldtheorie<br>3. Das Konzept der Renormierungsgruppe (RG)<br>4. Phasendiagramme und Fixpunkte<br>5. Störungstheoretische RG<br>6. Niedrigdimensionale Systeme<br>7. Konforme Symmetrie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden erwerben ein Verständnis für das Prinzip der Skaleninvarianz und der Renormierungsgruppe (RG) in der statistischen Physik. Das Konzept des RG Flusses vertieft das Verständnis der effektiven Theorie in der statistischen sowie der Quantenfeldtheorie.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 99 / 171                     |

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Bosonisation and Interactions in One Dimension                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | 11-BWW-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| 1. Instabilitäten von Fermi-Systemen in einer Dimension(1D)<br>2. Abelsche Bosonisierung und Luttinger-Flüssigkeiten (spinlose Fermionen, Korrelationsfunktionen, Modelle mit Spin, Renormierungs- gruppe und das sine-Gordon-Modell)<br><br>Eine Auswahl der folgenden Themen wird in verschiedenen Jahren angeboten:<br>3. Wechselwirkende Fermionen auf dem Gitter (Hubbard-Modell, t/J-Modell, Transporteigenschaften)<br>4. Bethe-Ansatz<br>5. Spin 1/2 Ketten<br>6. Ungeordnete Systeme<br>7. Nicht-Abelsche Bosonisierung und das WZW-Modell (kac-Moody-Algebren, Sugawara-Konstruktion, Knizhnik-Zamolodchikov Gleichung, Anwendungen der WZW-Modell) |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Die Studierenden werden mit den Besonderheiten eindimensionaler (1D) Elektronensysteme vertraut gemacht und sie erlernen die theoretischen Methoden, um experimentell relevante Phänomene wie Unordnungseffekte und Transporteigenschaften in 1D zu verstehen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                      |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |

**Bezug zur LPO I**

--

**Verwendung des Moduls in Studienfächern**

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | Kurzbezeichnung                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Introduction to Gauge/Gravity Duality                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | 11-GGD-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Überblick Quantenfeldtheorie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantisierung des freien Feldes</li> <li>• Wechselwirkungen</li> <li>• Eichtheorien</li> <li>• Konforme Symmetrie</li> <li>• Entwicklung für große <math>N</math> und <math>t</math> Hooft-Limes</li> <li>• Supersymmetrie</li> </ul> </li> <li>Überblick Allgemeine Relativitätstheorie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mannigfaltigkeiten, Koordinaten-Kovarianz, Metrik</li> <li>• Riemannscher Krümmungstensor</li> <li>• Maximal symmetrische Raumzeiten</li> <li>• Schwarze Löcher</li> </ul> </li> <li>Überblick String-Theorie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Offene und geschlossene Strings</li> <li>• Strings in Hintergrundfeldern</li> <li>• Typ IIB String-Theorie</li> <li>• D-Branen</li> </ul> </li> <li>Die AdS/CFT-Korrespondenz <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung der Korrespondenz</li> <li>• D3-Bran-Metrik nahe des Horizonts</li> <li>• Feld-Operator-Korrespondenz</li> <li>• Tests der Korrespondenz: Korrelationsfunktionen</li> <li>• Tests der Korrespondenz: Konforme Anomalie</li> <li>• Holographisches Prinzip</li> </ul> </li> <li>Erweiterungen auf nicht-konforme Feldtheorien <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holographische Renormierungsgruppe</li> <li>• Holographisches C-Theorem</li> </ul> </li> <li>Anwendungen I: Thermo- und Hydrodynamik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantenfeldtheorie bei endlicher Temperatur</li> <li>• Schwarze Löcher</li> <li>• Holographische lineare Antwort</li> <li>• Transportkoeffizienten: Scherviskosität und Leitfähigkeiten</li> </ul> </li> <li>Anwendungen II: Physik der kondensierten Materie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladungsdichte und Reissner-Nordström schwarze Löcher</li> <li>• Quantenkritisches Verhalten</li> <li>• Holographische Fermionen</li> <li>• Holographische Supraleiter</li> <li>• Verschränkungsentropie</li> </ul> </li> <li>Anwendungen III: Elementarteilchenphysik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravitationsdual von confinement</li> <li>• Gravitationsdual der chiralen Symmetriebrechung</li> <li>• Quark-Gluon-Plasma</li> </ul> </li> </ol> |                         |                                    |

| <b>Qualifikationsziele / Kompetenzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Die Studierenden werden ein eingehendes Verständnis des Fachgebiets erwerben und einfache Tests und wesentliche Anwendungen der Dualität beherrschen.</p> <p>In Abhängigkeit der Vorkenntnisse und Interessen der Studierenden wird eine Auswahl aus den oben genannten Themen getroffen.</p> <p>Kenntnisse der Quantenmechanik und der klassischen Elektrodynamik sind Voraussetzung. Kenntnisse in Quantenfeldtheorie und der allgemeinen Relativitätstheorie sind hilfreich, aber nicht Voraussetzung.</p>                                                                                                                   |
| <b>Lehrveranstaltungen</b> (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>V (4) + R (2)</p> <p>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Erfolgsüberprüfung</b> (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder</p> <p>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder</p> <p>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder</p> <p>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder</p> <p>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).</p> <p>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.</p> <p>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.</p> <p>Prüfungssprache: Englisch</p> <p>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p> |
| <b>Platzvergabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)</p> <p>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)</p> <p>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Cosmology                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 11-AKM-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Expandierende Raumzeit, Friedmann Kosmologie, Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie, Frühes Universum, Inflation, Dunkelmaterie, Primordiale Nukleosynthese, Mikrowellenhintergrund, Strukturbildung, Galaxien und Galaxienhaufen, Intergalaktisches Medium, Kosmologische Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Der/Die Studierende verfügt über grundlegende Kenntnisse der Kosmologie. Er/Sie beherrscht die theoretischen Methoden der Kosmologie und kann den Zusammenhang mit Beobachtungen herstellen. Er/Sie hat Einblick in aktuelle Forschungsthemen und ist befähigt, wissenschaftliche Fragestellungen zu bearbeiten.                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Theoretical Astrophysics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | 11-AST-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Themen aus der Theoretischen Astrophysik wie beispielsweise Weiße Zwerge, Neutronenstern und Schwarze Löcher, Supernovae, Pulsare, Akkretion und Jets, Stosswellen, Strahlungstransport, Gravitationslinseneffekt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Kenntnisse grundlegender Prozesse und Methoden der Theoretischen Astrophysik. Ausbildung von Fähigkeiten zur Formulierung theoretischer Modelle.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| V (2) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Introduction to Plasma Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | 11-EPP-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Plasma-Astrophysik: Bewegung geladener Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern, Magnetho-Hydrodynamik, Transportgleichungen für energetische Teilchen, Eigenschaften magnetischer Turbulenz, Ausbreitung solarer Teilchen im Sonnenwind, Teilchenbeschleunigung durch Stoßwellen und durch Wechselwirkung mit Plasmaturbulenz, Teilchenbeschleunigung und Transport in der Galaxis und anderen astrophysikalischen Objekten, kosmische Strahlung.                                                                                                                  |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Kenntnisse in grundlegenden Prozessen der Plasma-Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| V (2) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| High-Energy Astrophysics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | 11-APL-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Astrophysikalische Quellen hochenergetischer Strahlung und Teilchen, Strahlungsprozesse, Wechselwirkung von Licht mit Materie, Teilchenbeschleunigungsprozesse, Paarbildung, nukleare Prozesse, Pionenerzeugung, astrophysikalische Stoßwellen, kinetische Gleichungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Die Studierenden erwerben Kenntnisse in grundlegenden Prozessen der Hochenergie-Astrophysik wie der Teilchenbeschleunigung und der nicht-thermischen Strahlungsprozesse in astrophysikalischen Objekten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Kurzbezeichnung                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Computational Astrophysics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | 11-NMA-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| <p>Verschiedene Methoden, die in astrophysikalischen Simulationen Anwendung finden mit besonderem Augenmerk auf die Anwendung dieser Methoden. N-Body-Algorithmen (Tree- und Polynomcodes). Particle-Mesh-Methoden (Particle-in-Cell Methoden). Vlasow-Methoden (u.a. Lattice-Boltzmann). Hyperbolische Erhaltungssätze (Fluidodynamik, Finite-Differenzen, Riemann-Solver, ENO-Verfahren). Methoden des High-Performance Computing. Message-Passing Interface (MPI). GPGPU-Programmierung (OPENCL).</p>                                                                               |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| <p>Der/Die Studierende ist in der Lage, typische Probleme und Gleichungen, wie sie in der Astrophysik aber auch anderen Teilbereichen der Physik vorkommen, mit Hilfe numerischer Simulationen zu lösen. Er/Sie ist insbesondere befähigt, eine adäquate Lösungsstrategie zu wählen und ihre Ergebnisse zu validieren.</p>                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| <p>V (3) + R (1)<br/>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br/>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p> |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| <p>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br/>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br/>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Kurzbezeichnung                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| Quantum Field Theory I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | 11-QFT1-Int-201-m01                              |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung                           |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Fakultät für Physik und Astronomie               |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                          |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe | --                                               |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                          |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                  |
| 1. Symmetrien<br>2. Relativistische Einteilchenzustände<br>3. Langrangeformalismus für Felder<br>4. Feldquantisierung<br>5. Streutheorie und S-Matrix<br>6. Eichprinzip und Wechselwirkung<br>7. Störungstheorie<br>8. Feynman-Regeln<br>9. Quantenelektrodynamische Prozesse in Born-Näherung<br>10. Strahlungskorrekturen (optional)<br>11. Renormierung (optional)                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                  |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                  |
| Die Studierenden kennen die Prinzipien und mathematischen Grundlagen von relativistischen Quantenfeldtheorien und beherrschen die Anwendung von Störungstheorie und Feynmanregeln. Sie sind in der Lage, Grundprozesse der Quantenelektrodynamik und der Elementarteilchenphysik in führenden Ordnungen quantitativ zu behandeln. Zudem verstehen sie das Konzept von Strahlungskorrekturen und der Renormierung.                                                                                                                                                                           |                         |                                                  |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                  |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                  |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                  |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                                  |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                  |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                  |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                  |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                  |

|                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                  |
| k. A.                                                                                                                                              |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                             |
| --                                                                                                                                                 |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Quantum Field Theory II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | 11-QFT2-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| 1. Erzeugende Funktionale<br>2. Pfadintegral<br>3. Renormierung<br>4. Renormierungsgruppe<br>5. Eichtheorien<br>6. Spontane Symmetriebrechung<br>7. Effektive Feldtheorie (optional)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse der Methoden und Konzepte der Quantenfeldtheorie. Sie beherrschen insbesondere die Prinzipien der Renormierung und der Eichtheorien. Sie sind in der Lage, Probleme der Quantenfeldtheorie zu formulieren und mit Hilfe der erlernten Rechenmethoden zu lösen.                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 112 / 171                    |

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Theoretical Elementary Particle Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | 11-TEP-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| 1. Fundamentale Teilchen und Kräfte<br>2. Symmetrien und Gruppen<br>3. Quarkmodell der Hadronen<br>4. Quark-Parton Modell und tiefinelastische Streuung<br>5. Grundlagen der Quantenfeldtheorie<br>6. Eichtheorien<br>7. Spontane Symmetriebrechung<br>8. Elektroschwaches Standardmodell<br>9. Quantenchromodynamik<br>10. Erweiterungen des Standardmodells                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Die Studierenden kennen die mathematischen Methoden zur Beschreibung von Phänomenen der Elementarteilchenphysik. Sie verstehen den Aufbau des Standardmodells basierend auf Symmetrieprinzipien einerseits und den beobachteten Teilchen und Wechselwirkungen andererseits. Sie beherrschen Rechenmethoden zur Behandlung von einfachen Problemstellungen und Prozessen der Elementarteilchenphysik. Sie kennen die Tests und die Grenzen des Standardmodells und die Grundzüge erweiterter Theorien.                                                                                    |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |

**Bezug zur LPO I**

--

**Verwendung des Moduls in Studienfächern**

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | Kurzbezeichnung                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Selected Topics of Theoretical Elementary Particle Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | 11-ATTP-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| <p>Eine Auswahl aus folgenden Themengebieten wird in verschiedenen Jahren behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fortgeschrittene Techniken zur Präzisionsberechnung von Streuamplituden</li> <li>2. Phänomenologie an Teilchenbeschleunigern</li> <li>3. Higgsphysik</li> <li>4. Physik des Top-Quarks</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Die Studierenden beherrschen vertiefte Techniken und Methoden, die zur Berechnung und zur Beschreibung teilchenphysikalischer Phänomene benötigt werden. Die Studierenden sind mit aktuellen Entwicklungen in der Teilchenphänomenologie vertraut.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br/>         Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br/>         Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br/>         Prüfungssprache: Englisch<br/>         Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester</p> |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Kurzbezeichnung                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Models Beyond the Standard Model of Elementary Particle Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | 11-BSM-Int-201-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| 1. Grundlagen des Standardmodells der Elementarteilchenphysik<br>2. Tests des Standardmodells in Niederenergieexperimenten und an Hochenergiebeschleunigern<br>3. Neutrinophysik<br>4. Higgsphysik<br><br>Eine Auswahl der folgenden Themen wird in verschiedenen Jahren behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• LHC Phänomenologie</li> <li>• Teilchenkosmologie</li> <li>• erweiterte Eichtheorien</li> <li>• Modelle mit erweiterten Higgssektoren</li> <li>• Supersymmetrie</li> <li>• Modelle mit zusätzlichen Raumzeitdimensionen</li> </ul>                              |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Die Studierenden kennen die Tests und die Grenzen des Standardmodells der Teilchenphysik, der Higgsphysik und der Neutrinophysik. Sie sind in der Lage Erweiterungen des Standardmodells zu formulieren. Weiter verstehen sie, wie man diese Erweiterungen in Niederenergieexperimenten, an Hochenergiebeschleunigern und in der Kosmologie testen kann.                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |

|                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                  |
| k. A.                                                                                                                                              |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                             |
| --                                                                                                                                                 |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | Kurzbezeichnung                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| String Theory 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | 11-STRG1-Int-201-m01               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Klassische und Quantentheorie relativistischer bosonischer Strings, u.a. Nambu-Goto- und Polyakov-Wirkung; Quantisierung des geschlossenen bosonischen String und emergentes Graviton; Lorentzinvarianz auf dem Quantenniveau und kritische Dimension; Quantisierung des offenen bosonischen Strings; D-Branen, Eichfelder und Yang-Mills-Theorien; Relativistische konforme Feldtheorie, String-Pfadintegral, BRST-Quantisierung, Stringwechselwirkungen, Effektive Wirkung und Gravitation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| Die Studenten haben die klassische und Quantentheorie relativistischer bosonischer Strings kennengelernt. Sie sind mit den beiden klassischen Wirkungen für relativistische bosonische Strings, der Nambu-Goto-Wirkung und der Polyakov-Wirkung vertraut, haben den geschlossenen bosonischen String quantisiert und die Emergenz des masselosen Gravitons im Spektrum des geschlossenen Strings verstanden. Sie haben die Lorentzanomalie auf dem Quantenniveau berechnet und die kritische Dimension des bosonischen Strings hergeleitet. Sie haben die Randbedingungen für den offenen String und D-Branen verstanden, diesen quantisiert und im Spektrum masselose Eichfelder und für koinzidente Branen Yang-Mills-Felder gefunden. Sie wurden in die relativistische konforme Feldtheorie, dem String-Pfadintegral und der BRST-Quantisierung vertraut gemacht, haben Stringwechselwirkungen berechnet und effektive Wirkungen im Zielraum und die Emergenz der Einsteinschen Gravitationsgleichungen verstanden. |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Exchange Austauschprogramm Physik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | Kurzbezeichnung                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| String Theory 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | 11-STRG2-Int-201-m01               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| <p>Diese Vorlesung behandelt supersymmetrische Stringtheorien und M Theorie, insbesondere eine kurze Einführung in bosonische Stringtheorie, in die Theorie fermionischer Quantenfelder und der Darstellungen der Clifford-Algebra in verschiedenen Raumzeitdimensionen, ein Überblick über Supersymmetrie in zwei und mehr Dimensionen, die klassische und Quantentheorie des Ramond-Neveu-Schwarz Superstrings, Typ 2 A/B Stringtheorien, die Gliozzi-Scherck-Olive-Projektion, welche Raumzeit-Supersymmetrie in 10D sichrt, die Typ I und heterotischen Superstringtheorien, Anomaliefreiheit und daraus folgende Einschränkungen der Eichgruppenstruktur, Dualitäten zwischen den fünf Superstringtheorien und deren Verbindung zu M Theorie in 11D, D Branen und die darauf lebenden supersymmetrischen Eichtheorien, Supergravitation und die AdS/CFT-Korrespondenz.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                    |
| <p>Die Studenten haben die supersymmetrischen Stringtheorien und M Theorie kennengelernt. Sie haben die wesentlichen Eigenschaften der bosonischen Stringtheorie als auch die Theorie fermionischer Felder und der Darstellungen der Cliffordalgebra in verschiedenen Dimensionen wiederholt. Sie haben die für die Superstringtheorie relevanten Aspekte von Supersymmetrie in zwei und mehr Dimensionen studiert. Sie haben die klassische und Quantentheorie des Ramond-Neveu-Schwarz-Superstrings kennengelernt, die Herleitung der Typ 2 A/B Stringtheorien durch die Gliozzi-Scherk-Olive-Projektion verstanden und wie dadurch auch Raumzeit-Supersymmetrie sichergestellt wird. Sie wurden in die Typ 1 und heterotischen Superstringtheorien eingeführt, und wie Anomaliefreiheit die erlaubten Eichgruppen dieser Theorien einschränkt. Sie haben die Dualitäten zwischen den fünf Superstringtheorien als auch deren Beziehung zu M Theorie in 11D studiert. Sie haben die Eigenschaften supersymmetrischer D-Branen in typ 1 und 2 Superstringtheorien und die dazugehörigen supersymmetrischen Eichtheorien kennengelernt, als auch die Supergravitationswirkungen in 10 und 11 Dimensionen und die Verbindung zur AdS/CFT-Korrespondenz.</p> |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |

|                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                  |
| k. A.                                                                                                                                              |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                             |
| --                                                                                                                                                 |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Exchange Austauschprogramm Physik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Radio Astronomical Interferometry                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                                                                         | 11-RAI-Int-211-mo1 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | anbietende Einrichtung                                                                                  |                    |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                                                                      |                    |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                                                                                 |                    |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | numerische Notenvergabe | --                                                                                                      |                    |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                                                                                 |                    |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | weiterführend           | --                                                                                                      |                    |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                                                                         |                    |
| <p>I) Motivation und Hintergrund</p> <p>a) Geschichte der Radioastronomie</p> <p>b) Rolle der Radiointerferometrie und ihre Entwicklung</p> <p>c) Anwendungen der Radiointerferometrie sowie wissenschaftliche Ziele</p> <p>d) zusammenfassender Überblick</p> <p>11) Fundamentale Konzepte</p> <p>1. Fourier Optik</p> <p>a) Konzept der Teleskopapertur</p> <p>b) Faltung und Fourier Theoreme</p> <p>c) (Radio)teleskope als Raumfilter</p> <p>2. Interferometrie</p> <p>b) Das Zwei-Element Interferometer</p> <p>a) Das Michelson Interferometer</p> <p>c) Die Visibility Funktion</p> <p>d) Einfluß begrenzter Bandbreite</p> <p>e) Raumfrequenzen in der Interferometrie</p> <p>f) Koordinatensysteme</p> <p>3. Aperturesynthese durch radiointerferometrische Arrays</p> <p>a) Das Konzept der (u,v) Bedeckung</p> <p>c) Tracking Arrays und Earth-rotation Synthese</p> <p>b) Einfach konfigurierte Arrays und Transitanlagen</p> <p>d) VLBI Arrays</p> <p>e) Antennenabstände und Geometrie</p> <p>4. Empfänger Response</p> <p>a) Heterodyne Frequenzumwandlung</p> <p>b) Interferometer Empfindlichkeit</p> <p>c) Sampling, Weighting, Gridding</p> <p>d) Bandwidth Smearing</p> <p>c) Kalibration</p> <p>5. Bildrekonstruktion</p> <p>a) CLEAN und alternative Algorithmen</p> <p>b) Bildfehler</p> <p>c) Selbstkalibration</p> <p>6. Digital Beamforming</p> <p>a) Surveys und Wide-Field Imaging</p> <p>III. Spezielle Anwendungen und Probleme</p> <p>b) Very Long Baseline Interferometry</p> <p>c) Spektroskopie in der Radiointerferometrie</p> <p>e) Time-Domain Science in der Radiointerferometrie</p> <p>f) Spezielle Probleme bei niedrigen Frequenzen</p> <p>g) Big Data in der Radiointerferometrie</p> <p>h) Interferometrie und Geodäsie</p> <p>d) Polarisation</p> |                         |                                                                                                         |                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 123 / 171    |

### Qualifikationsziele / Kompetenzen

Das Ziel des Lehrangebots ist die Vermittlung von Kenntnis und Verständnis radiointerferometrischer Methoden, die zu einem Einstieg in die selbstständige Forschung hinführen sollen.

Diese soll anhand von Beispielen aus der modernen Astronomie, wobei auch aktuelle Messungen radioastronomischer Interferometer benutzt werden.

Dazu sollen die Studierenden folgende Kompetenzen erwerben: Verständnis des Konzepts von interferometrischen Beobachtungen und deren Kalibration, Verarbeitung und Interpretation von Rohdaten, Datenreduktion, Datenanalyse, Anwendung und Verständnis von etablierten Algorithmen sowie der Umgang mit großen Datenaufkommen.

Hierbei werden allgemein, übergreifende Konzepte vermittelt und spezielle Programmierkenntnisse erworben, die nicht nur in der Astronomie Anwendung finden und somit auch in anderen Fachbereichen genutzt werden können.

Der Kurs wird vorzugsweise in englischer Sprache angeboten und ermöglicht den Studierenden so den vertieften Umgang mit Englisch als Wissenschaftssprache.

### Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)

V (3) + R (1)

Veranstaltungssprache: Englisch

### Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)

- a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder
- b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder
- c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder
- d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder
- e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).

Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.

Prüfungssprache: Englisch

Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester

### Platzvergabe

--

### weitere Angaben

--

### Arbeitsaufwand

180 h

### Lehrturnus

Lehrturnus: jährlich, nach Ankündigung

### Bezug zur LPO I

--

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)

Exchange Austauschprogramm Physik (2023)

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Black Holes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | 11-SLQ-Int-241-m01                 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         | anbietende Einrichtung             |
| Geschäftsführende Leitung des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | weiterführend                                                                                           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                    |
| <p>TEIL 1 - Klassische Lösungen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vakuumlösungen der Einstein'schen Gleichung - Schwarzschild-Lösung, Birkhoff-Theorem, Eddington-Finkelstein-Koordinaten, Kruskal-Erweiterung und ewige schwarze Löcher, Penrose-Diagramm, konforme Kompaktifizierung und Carter-Penrose-Diagramm</li> <li>2. Gravitationskollaps - die Oppenheimer-Snyder-Lösung</li> <li>3. Geladene und rotierende Schwarze Löcher - Cauchy-Horizonte, Ergosphäre</li> <li>4. ADM-Formalismus - Energie und Drehimpuls</li> <li>5. Thermodynamik Schwarzer Löcher</li> </ol> <p>TEIL 2 - Astrophysikalische Beobachtung Schwarzer Löcher</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Messung von Spin und Masse</li> <li>2. Elektromagnetismus Schwarzer Löcher</li> <li>3. Gravitationswellen und ihre Messung</li> </ol> <p>TEIL 3 – Quanteneigenschaften Schwarzer Löcher</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die QFT auf gekrümmter Raumzeit: Rindler-Raumzeit, Unruh-Effekt</li> <li>2. Herleitung der Hawking-Strahlung</li> <li>3. Hawkings ursprüngliche Formulierung des Informationsparadoxons</li> <li>4. Die "Holographie der Information" - Informationsparadoxon in AdS/CFT, die Page-Kurve und Inseln</li> <li>5. Firewall, Fuzzball, Komplementarität - mögliche Lösungen des Informationsparadoxons</li> <li>6. Wurmlöcher und das Faktorisierungsproblem.</li> </ol> |                                                                                                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                    |
| <p>Dieser Kurs hat eine Brückenfunktion zwischen den Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie (Veranstaltung GR I) und den aktiven Forschungsrichtungen auf den Gebieten der Astronomie, Astrophysik, Allgemeinen Relativitätstheorie, der Stringtheorie und der AdS-CFT-Korrespondenz.</p> <p>Es wird erwartet, dass die Studierenden nach dem Besuch dieses Kurses die Anwendungen der Allgemeinen Relativitätstheorie in Verbindung mit den Forschungsrichtungen in diesen Bereichen beherrschen. Dies biete ihnen insbesondere die Möglichkeit, eine Karriere als Forscher*in in den oben genannten Richtungen anzustreben und ihnen dabei helfen, durch Master-/Doktorarbeiten reibungslos in diesen Prozess einzusteigen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                                    |
| <p>V (3) + R (1)</p> <p>Veranstaltungssprache: Englisch</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                    |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder</p> <p>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder</p> <p>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder</p> <p>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder</p> <p>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).</p> <p>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                    |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 125 / 171                    |

|                                                         |
|---------------------------------------------------------|
| Prüfungssprache: Englisch                               |
| Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |
| <b>Platzvergabe</b>                                     |
| --                                                      |
| <b>weitere Angaben</b>                                  |
| --                                                      |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                   |
| 180 h                                                   |
| <b>Lehrturnus</b>                                       |
| k. A.                                                   |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                  |
| --                                                      |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>          |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)       |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)       |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Particle Physics (Standard Model)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         | 11-TPSM-Int-211-m01                              |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | anbietende Einrichtung                           |
| Geschäftsführende Leitungen des Physikalischen Instituts und des Instituts für Theoretische Physik und Astrophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | Fakultät für Physik und Astronomie               |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module                          |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                                               |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen                          |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend                                                                                           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                                  |
| Theoretische Beschreibung des Standardmodells<br>Elektroschwache Symmetriebrechung durch den Higgsmechanismus<br>Paritätsverletzung<br>Bhabha-Streuung<br>Z-Lineshape und Vorwärts-/Rückwärts-Asymmetrie<br>Higgs-Produktion und -Zerfall<br>Experimenteller Aufbau und Ergebnisse von Schlüsselexperimenten zum Test des Standardmodells sowie zur Bestimmung seiner Parameter<br>Suche nach dem Higgsboson                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                                  |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                                  |
| Der/Die Studierende kennen die Theoretischen Grundlagen des Standardmodells der Teilchenphysik und die Schlüsselexperimente, die das Standardmodell etabliert und bestätigt haben. Er/Sie besitzt die Grundlagenkenntnisse, um experimentelle oder theoretische Ergebnisse im Rahmen des Standardmodells interpretieren zu können und kennt dessen Aussagekraft und Grenzen.                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                                  |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                                  |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                                  |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                                  |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester |                                                                                                         |                                                  |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                                  |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                                  |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                                                  |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                                  |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                                                  |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                                  |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                                                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                                                  |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 127 / 171                                  |

#### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Visiting Research                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | 11-FPA-Int-201-m01                                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1-2 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Selbstständiges Erarbeiten eines aktuellen Forschungsgebietes aus der experimentellen oder theoretischen Physik und Durchführung von wissenschaftlichen Experimenten mit Analyse und Dokumentation der erzielten Ergebnisse, insbesondere im Rahmen eines Forschungsaufenthaltes an einer Universität oder an einem Forschungsinstitut. |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende verfügt über die Fähigkeit, sich selbstständig in ein aktuelles Forschungsgebiet der experimentellen oder theoretischen Physik einzuarbeiten und wissenschaftliche Experimente durchzuführen sowie diese zu analysieren und die erzielten Ergebnisse zu dokumentieren.                                              |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| R (o)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| Projektbericht (ca. 10-20 S.)<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                   |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                            |                         |                                                   |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics of Theoretical Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | 11-EXT5-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Theoretischen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt vertiefte Kenntnisse, die dem Anspruch an ein Modul der Theoretischen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie hat sich fortgeschrittenes Fachwissen in einem Teilgebiet der Theoretischen Physik angeeignet und beherrscht die dazu erforderlichen Methoden. Er/Sie ist in der Lage, diese Methoden auf aktuelle Probleme der Theoretischen Physik anzuwenden.                                                                                                                |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| V (2) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   | Kurzbezeichnung     |
| Current Topics of Theoretical Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   | 11-EXT6-Int-201-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |                     |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |                     |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |                     |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |                     |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |                     |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |                     |
| Aktuelle Themen der Theoretischen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |                     |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                     |
| Der/Die Studierende besitzt vertiefte Kenntnisse, die dem Anspruch an ein Modul der Theoretischen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie hat sich fortgeschrittenes Fachwissen in einem Teilgebiet der Theoretischen Physik angeeignet und beherrscht die dazu erforderlichen Methoden. Er/Sie ist in der Lage, diese Methoden auf aktuelle Probleme der Theoretischen Physik anzuwenden.                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                     |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |                     |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |                     |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |                     |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |                     |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |                     |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |                     |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   | Kurzbezeichnung     |
| Current Topics of Theoretical Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   | 11-EXT7-Int-201-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |                     |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |                     |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |                     |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |                     |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |                     |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |                     |
| Aktuelle Themen der Theoretischen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |                     |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                     |
| Der/Die Studierende besitzt vertiefte Kenntnisse, die dem Anspruch an ein Modul der Theoretischen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie hat sich fortgeschrittenes Fachwissen in einem Teilgebiet der Theoretischen Physik angeeignet und beherrscht die dazu erforderlichen Methoden. Er/Sie ist in der Lage, diese Methoden auf aktuelle Probleme der Theoretischen Physik anzuwenden.                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                     |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |                     |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |                     |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |                     |
| 210 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |                     |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |                     |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |                     |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                     |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics of Theoretical Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | 11-EXT8-Int-201-m01                               |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Theoretischen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt vertiefte Kenntnisse, die dem Anspruch an ein Modul der Theoretischen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie hat sich fortgeschrittenes Fachwissen in einem Teilgebiet der Theoretischen Physik angeeignet und beherrscht die dazu erforderlichen Methoden. Er/Sie ist in der Lage, diese Methoden auf aktuelle Probleme der Theoretischen Physik anzuwenden.                                                                                                                            |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| V (4) + R (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder<br>d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder<br>e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| 240 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|----------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   | Kurzbezeichnung      |
| Current Topics of Theoretical Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   | 11-EXT6A-Int-201-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung                            |                      |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |                      |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |                      |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |                      |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |                      |
| Aktuelle Themen der Theoretischen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |                      |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                      |
| Der/Die Studierende besitzt vertiefte Kenntnisse, die dem Anspruch an ein Modul der Theoretischen Physik im Masterstudiengang entsprechen. Er/Sie hat sich fortgeschrittenes Fachwissen in einem Teilgebiet der Theoretischen Physik angeeignet und beherrscht die dazu erforderlichen Methoden. Er/Sie ist in der Lage, diese Methoden auf aktuelle Probleme der Theoretischen Physik anzuwenden.                                                                                                                |                         |                                                   |                      |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                      |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |                      |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                      |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |                      |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                      |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                      |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |                      |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |                      |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                   |                      |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |                      |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |                      |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |                      |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                      |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |                      |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | Kurzbezeichnung                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Current Topics in Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | 11-EXP6A-Int-201-m01                              |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | anbietende Einrichtung                            |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                           |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | numerische Notenvergabe | --                                                |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                           |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| Aktuelle Themen der Experimentellen oder Theoretischen Physik. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt fortgeschrittenes Kompetenzen, die den Anforderungen an ein Modul der Experimentellen oder Theoretischen Physik im Masterstudiengang Nanostrukturtechnik entsprechen. Er/Sie verfügt über Kenntnisse auf einem aktuellen Teilgebiet der Physik und das Verständnis der Mess- und/oder Rechenmethoden, die zu deren Erwerb notwendig sind. Er/Sie kann das Erlernte in die fachlichen Zusammenhänge einordnen und kennt die Anwendungsgebiete.                                            |                         |                                                   |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                   |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden.<br>Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                   |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |

## **Unterbereich Nichtphysikalisches Nebenfach**

( ECTS-Punkte)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Kurzbezeichnung         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Optimierung für Machine Learning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 10-M-OML-222-m01        |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | grundständig            | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| Lineare und quadratische Programme, konvexe Optimierung, Verfahren erster Ordnung, Anwendungen auf Probleme des maschinellen Lernens, z.B. bei support vector machines.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| Der/Die Studierende kennt die relevanten Methoden der Optimierung und kann die vorgestellten Verfahren so wohl theoretisch als auch numerisch auf Probleme des maschinellen Lernens anwenden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Deutsch und/oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| a) Klausur (ca. 90-180 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (15-30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je 10-15 Min.)<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>Prüfungsturnus: Im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsmathematik (2022)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Mathematical Data Science (2022)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2022)<br>Exchange Austauschprogramm Mathematik (2023)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2023)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsmathematik (2023)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Mathematische Physik (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsmathematik (2024)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2024) |                         |                         |

|                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                |                         |                         | Kurzbezeichnung  |
| Vertiefung Analysis                                                                                                                                                                                             |                         |                         | 10-M-VAN-222-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                              |                         | anbietende Einrichtung  |                  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                     |                         | Institut für Mathematik |                  |
| ECTS                                                                                                                                                                                                            | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |                  |
| 10                                                                                                                                                                                                              | numerische Notenvergabe | --                      |                  |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                      | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |                  |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                      | grundständig            | --                      |                  |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |                  |
| Fortführung der Analysis von Funktionen mehrerer Veränderlicher; Lebesgue-Maß und Lebesgue-Integral im $\mathbb{R}^n$ , Integralsätze                                                                           |                         |                         |                  |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                               |                         |                         |                  |
| Der/Die Studierende hat vertiefte Kenntnisse im Bereich der Analysis. Er/Sie kann am Beispiel des Lebesgue-Integrals den zielgerichteten Aufbau eines komplexen mathematischen Konzepts nachvollziehen.         |                         |                         |                  |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                    |                         |                         |                  |
| V (4) + Ü (2)                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |                  |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                              |                         |                         |                  |
| a) Klausur (ca. 90-180 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (15-30 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je 10-15 Min.)<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>bonusfähig   |                         |                         |                  |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |                  |
| --                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |                  |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |                  |
| --                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |                  |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |                  |
| 300 h                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |                  |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                  |
| k. A.                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |                  |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |                  |
| --                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |                  |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                         |                         |                         |                  |
| Bachelor (1 Hauptfach) Mathematical Data Science (2022)<br>Exchange Austauschprogramm Mathematik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |                         |                         |                  |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | Kurzbezeichnung         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Applied Analysis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | 10-M=AAANin-152-m01     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | weiterführend                                                                                           | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                         |
| <p>Vertieftes Studium der Funktionalanalysis und Operatortheorie, Sobolevräume und partielle Differentialgleichungen, Hilbertraumtheorie und Fourieranalysis, Spektraltheorie und Quantenmechanik, numerische Methoden (insbesondere FEM-Methoden). Prinzipien der Funktionalanalysis, Funktionenräume, Einbettungssätze, Kompaktheit. Theorie elliptischer, parabolischer und hyperbolischer partieller Differentialgleichungen mit Methoden der Funktionalanalysis.</p> <p>Empfohlene Vorkenntnisse:<br/>Vertrautheit mit den Inhalten des Moduls "Funktionalanalysis" wird dringend empfohlen.</p> |                                                                                                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                         |
| Der/Die Studierende kennt die grundlegenden Begriffe, Methoden und Ergebnisse der höheren Analysis. Er/Sie kann die erworbenen Fertigkeiten in Zusammenhang setzen mit anderen Zweigen der Mathematik und mit Fragestellungen in der Physik und anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br/>bonusfähig</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                         |
| <p>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br/>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br/>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br/>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br/>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                         |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 139 / 171         |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Kurzbezeichnung         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Differential Geometry                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | 10-M=ADGMin-152-mo1     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | numerische Notenvergabe | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | weiterführend           | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |
| <p>Zentrale und weiterführende Ergebnisse der Differentialgeometrie, insbesondere über differenzierbare Mannigfaltigkeiten und Riemannsche Mannigfaltigkeiten.</p> <p>Empfohlene Vorkenntnisse:<br/>Empfohlen werden grundlegende Kenntnisse aus den Modulen „Einführung in die Differentialgeometrie“, „Einführung in die Topologie“ und „Geometrische Analysis“.</p> |                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |
| Der/Die Studierende kennt Konzepte und Methoden zur Behandlung differenzierbarer oder Riemannscher Mannigfaltigkeiten, kann selbige anwenden und weiß um das Zusammenspiel lokaler und globaler Methoden in der Differentialgeometrie.                                                                                                                                 |                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br/>bonusfähig</p>                                                                                               |                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |
| <p>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br/>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br/>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br/>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br/>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)</p>                                                                           |                         |                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         | Kurzbezeichnung     |
| Complex Analysis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         | 10-M=AFTHin-152-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | anbietende Einrichtung  |                     |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Institut für Mathematik |                     |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |                     |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe | --                      |                     |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | weiterführend           | --                      |                     |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |                     |
| Vertieftes Studium der Abbildungseigenschaften analytischer Funktionen und deren Verallgemeinerungen mit modernen analytischen und geometrischen Methoden. Strukturelle Eigenschaften von Familien holomorpher und meromorpher Funktionen. Spezielle Funktionen (z.B. elliptische Funktionen).                                                          |                         |                         |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse:<br>Empfohlen werden grundlegende Kenntnisse der Inhalte des Moduls „Einführung in die Funktionentheorie“.                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |                     |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |                     |
| Der/Die Studierende kennt die grundlegenden Begriffe, Methoden und Ergebnisse der höheren Funktionentheorie und besitzt insbesondere eine Vertrautheit mit den (geometrischen) Abbildungseigenschaften holomorpher Funktionen. Er/Sie kann die erworbenen Fertigkeiten in Zusammenhang setzen mit anderen Zweigen der Mathematik und Anwendungsfächern. |                         |                         |                     |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |                     |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |                     |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                     |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                                                                                            |                         |                         |                     |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                     |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                     |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |                     |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |                     |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |                     |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |                     |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                     |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |                     |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                       |                         |                         |                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | Kurzbezeichnung         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Lie Theory                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | 10-M=ALTHin-152-m01     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                | numerische Notenvergabe | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |
| Lineare Lie-Gruppen und ihre Lie-Algebren, Exponentialfunktion, Struktur und Klassifikation von Lie-Algebren, klassische Beispiele, Anwendungen etwa in der Physik oder Kontrolltheorie.                                                                                          |                         |                         |
| Empfohlene Vorkenntnisse:<br>Empfohlen werden Grundkenntnisse der Inhalte der Module „Funktionalanalysis“ und „Einführung in die Topologie“. Weiterhin sind grundlegende Kenntnisse der Inhalte des Moduls „Einführung in die Differentialgeometrie“ nützlich.                    |                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| Der/Die Studierende kennt die grundlegenden Ergebnisse, Sätze und Methoden der Lie-Theorie, kann selbige in Standard-Situationen einsetzen und weiß um das Zusammenspiel von Gruppentheorie, Analysis, Topologie und Linearer Algebra.                                            |                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                |                         |                         |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                      |                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |                         |                         |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         | Kurzbezeichnung         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Topology                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         | 10-M=ATOPin-152-mo1     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |                         |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                | numerische Notenvergabe | --                      |                         |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |                         |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | --                      |                         |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |                         |
| Mengen-theoretische Topologie, topologische Invarianten (z.B. Fundamentalgruppen, Zusammenhang), Konstruktion topologischer Räume, Überlagerungstheorie.                                                                                                                          |                         |                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |                         |
| Der/Die Studierende kennt die grundlegenden Begriffe, Sätze und Methoden der Topologie und kann diese in Standardsituationen anwenden.                                                                                                                                            |                         |                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                |                         |                         |                         |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                      |                         |                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |                         |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |                         |                         |                         |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Number Theory                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                                                                         | 10-M=AZTHin-152-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung                                                                                  |                     |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | Institut für Mathematik                                                                                 |                     |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                                                                                 |                     |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe | --                                                                                                      |                     |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                                                                                 |                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend           | --                                                                                                      |                     |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                     |
| Zahlentheoretische Funktionen und assoziierte Dirichlet-Reihen bzw. Euler-Produkte, analytische Theorie derselben mit Anwendungen auf die Primzahlverteilung und diophantische Gleichungen; Diskussion der Riemannschen Vermutung; Überblick über die Entwicklung der modernen Zahlentheorie                |                         |                                                                                                         |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse:<br>Es werden grundlegende Kenntnisse der Algebra und der Zahlentheorie vorausgesetzt, wie sie etwa im Rahmen der Module „Einführung in die Algebra“, „Einführung in die Zahlentheorie“ und „Angewandte Algebra“ erworben werden können.                                           |                         |                                                                                                         |                     |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                                                                         |                     |
| Der/Die Studierende kennt die wichtigen Methoden im Bereich der analytischen Zahlentheorie, vermag algebraische Strukturen im Bereich der Zahlentheorie zu behandeln und kennt Lösungsstrategien für diophantische Gleichungen. Er/Sie hat einen Überblick über moderne Entwicklungen in der Zahlentheorie. |                         |                                                                                                         |                     |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                                                                         |                     |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                         |                     |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                     |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                                                |                         |                                                                                                         |                     |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                                                                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                     |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                     |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                                                                         |                     |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                                                                         |                     |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         |                     |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                                                                         |                     |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                     |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                     |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                           |                         |                                                                                                         |                     |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 144 / 171     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         | Kurzbezeichnung     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| Groups and their Representations                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         | 10-M=VGDSin-152-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung  |                     |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | Institut für Mathematik |                     |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |                     |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe | --                      |                     |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend           | --                      |                     |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |                     |
| Endliche Permutationsgruppen und Charaktertheorie der endlichen Gruppen zusammen mit deren Querverbindungen und spezielleren Techniken wie zum Beispiel die S-Ringe von Schur.                                                                                                              |                         |                         |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse:<br>Es werden grundlegende Kenntnisse der Algebra vorausgesetzt, wie sie etwa im Rahmen der Module „Einführung in die Algebra“ und „Angewandte Algebra“ erworben werden können.                                                                                    |                         |                         |                     |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |                     |
| Der/Die Studierende beherrscht fortgeschrittene algebraische Konzepte und Methoden. Er/Sie erwirbt die Fähigkeit, sich mit aktuellen Forschungsfragen der Gruppentheorie und der Darstellungstheorie zu beschäftigen, und kann seine/ihre Kenntnisse auf komplexe Fragestellungen anwenden. |                         |                         |                     |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |                     |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |                     |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                          |                         |                         |                     |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                                |                         |                         |                     |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |                     |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |                     |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |                     |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |                     |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |                     |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |                     |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |                     |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |                     |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)           |                         |                         |                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Geometrical Mechanics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                                                                         | 10-M=VGEMin-152-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung                                                                                  |                     |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | Institut für Mathematik                                                                                 |                     |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                                                                                 |                     |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | numerische Notenvergabe | --                                                                                                      |                     |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                                                                                 |                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | weiterführend           | --                                                                                                      |                     |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                     |
| Das Modul baut auf den Inhalten von 10-M=ADGM auf und vertieft und erweitert sie: Symplektische Geometrie, Kotangentenbündel und andere Beispiele von symplektischen Mannigfaltigkeiten, Symmetrien und Noether-Theorem, Phasenraumreduktion, Normalformen, Einführung in die Poisson-Geometrie.                                                            |                         |                                                                                                         |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse:<br>Es werden weiterführende Kenntnisse der Differentialgeometrie vorausgesetzt, wie sie etwa im Rahmen des Moduls „Differentialgeometrie“ erworben werden können. Empfehlenswert sind auch Kenntnisse der Inhalte der Module „Einführung in die Topologie“. Weiterhin können Kenntnisse der Theoretischen Mechanik nützlich sein. |                         |                                                                                                         |                     |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                                                                         |                     |
| Der/Die Studierende hat fortgeschrittene Kenntnisse in Anwendungen differentialgeometrischer Konzepte in der geometrischen Mechanik. Er/Sie kann die erworbenen Fertigkeiten in Zusammenhang setzen mit anderen Zweigen der Mathematik und mit Fragestellungen in der Physik.                                                                               |                         |                                                                                                         |                     |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                                                                         |                     |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                         |                     |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                     |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                                                                                                |                         |                                                                                                         |                     |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                                                                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                     |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                     |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                                                                         |                     |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                                                                         |                     |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         |                     |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                                                                         |                     |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                     |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                     |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                           |                         |                                                                                                         |                     |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 146 / 171     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Numeric of Partial Differential Equations                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | 10-M=VNPEin-152-m01     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | numerische Notenvergabe | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |
| <p>Typen partieller Differentialgleichungen, qualitative Eigenschaften, finite Differenzen, finite Elemente, Fehlerabschätzungen. [Numerische Methoden elliptischer, parabolischer und hyperbolischer partieller Differentialgleichungen: finite Elemente Methode, discontinuous Galerkin finite Elemente Methode, finite Differenzen und finite Volumen Methode.]</p> <p>Empfohlene Vorkenntnisse:<br/>Empfohlen werden Grundkenntnisse der Funktionalanalysis und zu partiellen Differentialgleichungen, wie sie beispielsweise in den Modulen "Einführung in die Funktionalanalysis" und "Angewandte Analysis" erworben werden können.</p> |                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |
| Der/Die Studierende kann eine gegebene partielle Differentialgleichung sachgerecht diskretisieren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         | Kurzbezeichnung     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| Discrete Mathematics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         | 10-M=VDIMin-152-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | anbietende Einrichtung  |                     |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | Institut für Mathematik |                     |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |                     |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | numerische Notenvergabe | --                      |                     |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | weiterführend           | --                      |                     |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |                     |
| Weiterführende Methoden und Ergebnisse eines ausgewählten Teilgebiets der Diskreten Mathematik (etwa Kodierungstheorie, Kryptographie, Graphentheorie oder Kombinatorik).                                                                                                                                                                                                               |                         |                         |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse:<br>Vorausgesetzt werden grundlegende Kenntnisse der Inhalte des Moduls „Einführung in die Diskrete Mathematik“.                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                         |                     |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |                     |
| Der/Die Studierende verfügt über vertiefte Kenntnisse in einem Teilbereich der Diskreten Mathematik.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |                     |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |                     |
| V (3) + Ü (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |                     |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                     |
| a) Klausur (ca. 60-90 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 15 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 10 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                                                                                                                             |                         |                         |                     |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                     |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                     |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |                     |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |                     |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |                     |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |                     |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                     |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |                     |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |                         |                         |                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | Kurzbezeichnung         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Selected Topics in Mathematical Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | 10-M=VMPhin-152-m01     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | weiterführend           | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |
| <p>Ausgewählte Kapitel der Mathematischen Physik, wie zum Beispiel Kontinuumsmechanik, Fluiddynamik, mathematische Materialwissenschaften, geometrische Feldtheorie, fortgeschrittene Themen der Quantentheorie.</p> <p>Empfohlene Vorkenntnisse:<br/>Je nach inhaltlicher Ausrichtung werden grundlegende und weiterführende Kenntnisse aus unterschiedlichen Gebieten der Analysis vorausgesetzt. Im Zweifelsfall wird eine Absprache mit der Dozentin oder dem Dozenten empfohlen.</p> |                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |
| Der/Die Studierende hat Kenntnisse in einem fortgeschrittenen Teilgebiet der Mathematischen Physik. Er/Sie kann die erworbenen Fertigkeiten in Zusammenhang setzen mit anderen Zweigen der Mathematik und mit Fragestellungen in der Physik.                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br/>bonusfähig</p>                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                         |
| <p>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br/>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br/>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br/>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)<br/>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)</p>                                                                                                                                                                                              |                         |                         |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         | Kurzbezeichnung         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Partial Differential Equations of Mathematical Physics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         | 10-M=VPDPin-152-mo1     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | weiterführend                                                                                           | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                         |
| <p>Elliptische, parabolische und hyperbolische Gleichungen; Laplace Gleichung, Wärmeleitungsgleichung und Wellengleichung als Standardbeispiele; Anfangswert- und Randwertprobleme; gut und schlecht gestellte Probleme; Lösungsmethoden; Erweiterungen und Verallgemeinerungen; Hilbertraummethoden; Sobolevräume und Fouriertransformationen.</p> <p>Empfohlene Vorkenntnisse:<br/>Empfohlen werden Grundkenntnisse aus den Modulen „Gewöhnliche Differentialgleichungen“ und „Einführung in Partielle Differentialgleichungen“, sowie Grundkenntnisse der Funktionalanalysis.</p> |                                                                                                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| Der/Die Studierende kennt die grundlegenden Begriffe, Lösungsmethoden und Ergebnisse der Theorie partieller Differentialgleichungen, sowie Standardbeispiele aus der Mathematischen Physik. Er/Sie kann die erworbenen Fertigkeiten in Zusammenhang setzen mit anderen Zweigen der Mathematik und mit Fragestellungen in der Physik.                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| <p>a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br/>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br/>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br/>Prüfungssprache: Englisch<br/>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br/>bonusfähig</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                         |
| <p>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br/>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br/>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)<br/>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                         |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 150 / 171         |

Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         | Kurzbezeichnung         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Pseudo Riemannian and Riemannian Geometry                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | 10-M=VPRGin-152-mo1     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Mathematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | Institut für Mathematik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | weiterführend                                                                                           | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                         |
| <p>Das Modul baut auf den Inhalten von 10-M=ADGM auf und vertieft und erweitert sie: Riemannsche und Pseudo-Riemannsche Mannigfaltigkeiten, Levi-Civita Zusammenhang und Krümmung, Geodäten und Exponentialabbildung, Jacobi-Felder, Vergleichssätze der Riemannschen Geometrie, Untermannigfaltigkeiten, Integration und d'Alembert-Operator/Laplace-Operator, kausale Struktur von Lorentz-Mannigfaltigkeiten, Einstein-Gleichungen und Anwendungen in allgemeiner Relativitätstheorie.</p> <p>Empfohlene Vorkenntnisse:<br/>Es werden weiterführende Kenntnisse der Differentialgeometrie vorausgesetzt, wie sie etwa im Rahmen des Moduls „Differentialgeometrie“ erworben werden können. Empfehlenswert sind auch Kenntnisse der Inhalte der Module „Einführung in die Topologie“, „Geometrische Mechanik“ und „Liethorie“.</p> |                                                                                                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| Der/Die Studierende hat fortgeschrittene Kenntnisse in Differentialgeometrie auf Riemannschen und Pseudo-Riemannschen Mannigfaltigkeiten. Er/Sie kann die erworbenen Fertigkeiten in Zusammenhang setzen mit anderen Zweigen der Mathematik und mit Fragestellungen in der Physik.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                         |
| V (4) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min., Regelfall) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Englisch<br>Prüfungsturnus: im Semester der LV und im Folgesemester<br>bonusfähig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                         |
| 300 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                         |                         |
| Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2021)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                         |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 152 / 171         |

Master (1 Hauptfach) Mathematics International (2022)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         | Kurzbezeichnung         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Datenbanken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         | 10-I=DB-161-mo1         |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         | anbietende Einrichtung  |
| Studiendekan/-in Informatik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         | Institut für Informatik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |                         |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | numerische Notenvergabe | --                      |                         |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |                         |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend           | --                      |                         |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |                         |
| Relationenalgebra und komplexe SQL-Statements; Datenbankentwurf und Normalformen, XML-Datenmodellierung; Transaktionsverwaltung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |                         |
| Die Studierenden verfügen über Kenntnisse zu Datenmodellierung und -anfragen in SQL, Transaktionen sowie zur einfachen Datenmodellierung in XML.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |                         |
| V (2) + Ü (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |                         |
| Klausur (ca. 60-120 Min.)<br>Klausur kann nach Ankündigung der Dozentin bzw. des Dozenten zu LV-Beginn durch eine mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 15 Min. je TN) ersetzt werden.<br>Separate Erfolgsüberprüfung für Master-Studierende.<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>bonusfähig                                                                                                                    |                         |                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |                         |
| Mögliche Schwerpunkte für den MA 120 Informatik: SE, IS, HCI, GE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |                         |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |                         |
| Master (1 Hauptfach) Informatik (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Physik (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Digital Humanities (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Informatik (2017)<br>Master (1 Hauptfach) Informatik (2018)<br>Master (1 Hauptfach) Physik (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |                         |                         |                         |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | Kurzbezeichnung         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Quantum Communications                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | 10-I=QC-221-m01         |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | anbietende Einrichtung  |
| Inhaber/-in des Lehrstuhls für Informatik VII                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | Institut für Informatik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | numerische Notenvergabe | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend           | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction</li> <li>• Hilbert Spaces and Operators</li> <li>• Quantum Mechanics</li> <li>• Quantum States</li> <li>• Quantum Circuit Elements</li> <li>• Entanglement and Its Applications</li> <li>• Quantum Key Distribution</li> <li>• Quantum Channel</li> <li>• Quantum Error Correction Coding</li> <li>• Continuous-Variable Quantum Communications</li> <li>• Further Topics</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |
| <p>Die Studenten werden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine solide Grundlage in der Quanteninformationstechnologie entwickeln, einschließlich Qubits, Quantengatter, Verschränkung und Quantenmessungen,</li> <li>• lernen etwas über sichere Kommunikation mit Hilfe der Quantenmechanik, einschließlich Protokolle wie Quantum Key Distribution (QKD),</li> <li>• machen Sie sich mit Protokollen wie der Quantenteleportation, superdichte Kodierung und Fehlerkorrektur vertraut, und</li> <li>• verstehen die Auswirkungen von Rauschen und Dekohärenz in der Quantenkommunikation und erlernen Strategien zur Abschwächung ihrer Auswirkungen.</li> </ul> |                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| V (2) + V (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| <p>Klausur (ca. 60-120 Min.)</p> <p>Klausur kann nach Ankündigung der Dozentin bzw. des Dozenten zu LV-Beginn durch eine mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder mündliche Gruppenprüfung (2 Teilnehmer, je ca. 15 Min.) ersetzt werden.</p> <p>Prüfungssprache: Englisch</p> <p>bonusfähig</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                         |
| mögliche Schwerpunkte für den MA 120 Informatik: LR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                         |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |

### Bezug zur LPO I

--

### Verwendung des Moduls in Studienfächern

Master (1 Hauptfach) Informatik (2021)  
Master (1 Hauptfach) Informatik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Luft- und Raumfahrtinformatik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)  
Master (1 Hauptfach) Computational Mathematics (2024)  
Master (1 Hauptfach) Mathematik (2024)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung  |
| Rechnerarchitektur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         | 10-I-RAK-152-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | anbietende Einrichtung                                                                                  |                  |
| Studiendekan/-in Informatik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | Institut für Informatik                                                                                 |                  |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                                                                                 |                  |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | numerische Notenvergabe | --                                                                                                      |                  |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                                                                                 |                  |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | grundständig            | --                                                                                                      |                  |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                                         |                  |
| Befehlssatzarchitekturen, Befehlsverarbeitung durch Pipelining, Statisches und dynamisches Instruction Scheduling, Caches, Vektorprozessoren, Mehrkernprozessoren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                                                                         |                  |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                                                                         |                  |
| Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Techniken beim Entwurf schneller Rechner und deren Wechselwirkung mit Compilern und Betriebssystemen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         |                  |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                                                                         |                  |
| V (2) + Ü (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                                                                         |                  |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         |                  |
| Klausur (ca. 60-120 Min.)<br>Klausur kann nach Ankündigung der Dozentin bzw. des Dozenten zu LV-Beginn durch eine mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN) ersetzt werden.<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>bonusfähig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                                                                         |                  |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                                                                         |                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         |                  |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                  |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         |                  |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                                                                         |                  |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                                                                         |                  |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                  |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                                                                         |                  |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                  |
| § 22 II Nr. 3 b)<br>§ 69 I Nr. 1 c): Rechnerarchitektur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                                         |                  |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                                         |                  |
| Bachelor (1 Hauptfach) Informatik (2015)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Mathematik (2015)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Computational Mathematics (2015)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Luft- und Raumfahrtinformatik (2015)<br>Erste Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien Informatik (2015)<br>Master (1 Hauptfach) Physik (2016)<br>LA Master Gymnasium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2016)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Luft- und Raumfahrtinformatik (2017)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Informatik (2017)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Informatik (2019)<br>Master (1 Hauptfach) Physik (2020)<br>LA Master Gymnasium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2020) |                         |                                                                                                         |                  |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 157 / 171  |

Zusatzstudium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2020)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)  
Bachelor (1 Hauptfach) Luft- und Raumfahrtinformatik (2020)  
Bachelor (1 Hauptfach) Informatik und Nachhaltigkeit (2021)  
Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2022)  
Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2023)  
Bachelor (1 Hauptfach) Mathematik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)  
Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         | Kurzbezeichnung         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Fortgeschrittenes Programmieren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | 10-I-APR-172-m01        |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         | anbietende Einrichtung  |
| Inhaber/-in des Lehrstuhls für Informatik II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         | Institut für Informatik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Bewertungsart                                                                                           | zuvor bestandene Module |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | numerische Notenvergabe                                                                                 | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Niveau                                                                                                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | grundständig                                                                                            | --                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                         |
| Mit den in Einführungsvorlesungen vermittelten Grundkenntnissen der Programmierung ist es möglich, einfache Programme zu realisieren. Sollen komplexere Probleme angegangen werden, kommt es zu suboptimalen Ergebnissen wie langen, unverständlichen Funktionen und Code-Duplikaten. In dieser Vorlesung soll weiterführendes Wissen vermittelt werden, wie man Programmen und Code eine sinnvolle Struktur geben kann. Außerdem werden weitere Themen aus den Bereichen Softwaresicherheit und parallele Programmierung besprochen. |                                                                                                         |                         |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |                         |
| Die Studierenden lernen fortgeschrittene Programmierparadigmen, die speziell für Raumfahrtanwendungen geeignet sind. Verschiedene Muster werden dann in mehreren Sprachen implementiert und ihre Effizienz anhand von Standardmetriken gemessen. Darüber hinaus werden Konzepte der Parallelverarbeitung eingeführt, die in der Verwendung von GPU-Architekturen für extrem schnelle Verarbeitung gipfeln.                                                                                                                            |                                                                                                         |                         |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                         |
| V (2) + Ü (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                         |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| Klausur (ca. 60-120 Min.)<br>Klausur kann nach Ankündigung der Dozentin bzw. des Dozenten zu LV-Beginn durch eine mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN) ersetzt werden.<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>bonusfähig                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |                         |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                         |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                         |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                         |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                         |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                         |
| Bachelor (1 Hauptfach) Informatik (2017)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Informatik (2019)<br>Modulstudium (Bachelor) Informatik (2019)<br>Master (1 Hauptfach) Nanostrukturtechnik (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physik (2020)<br>LA Master Gymnasium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2020)<br>Zusatzstudium MINT-Lehramt PLUS im Elitenetzwerk Bayern (ENB) (2020)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsinformatik (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                          |                                                                                                         |                         |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 159 / 171         |

Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)  
 Bachelor (1 Hauptfach) Informatik und Nachhaltigkeit (2021)  
 Master (1 Hauptfach) Quantentechnologie (2021)  
 Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsinformatik (2021)  
 Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2022)  
 Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2023)  
 Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsinformatik (2023)  
 Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
 Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)  
 Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsinformatik (2024)  
 Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2024)  
 Bachelor (1 Hauptfach) Digital Business & Data Science (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                                                                         | Kurzbezeichnung |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Betriebssysteme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         | 10-I-BS-191-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | anbietende Einrichtung                                                                                  |                 |
| Inhaber/-in des Lehrstuhls für Informatik II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | Institut für Informatik                                                                                 |                 |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                                                                                 |                 |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | numerische Notenvergabe | --                                                                                                      |                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                                                                                 |                 |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | grundständig            | --                                                                                                      |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                 |
| Einführung in Computersysteme, Entwicklung von Betriebssystemen, Architekturansätze, Interrupt-Verarbeitung in Betriebssystemen, Prozesse und Threads, CPU-Scheduling, Synchronisation und Kommunikation, Speicher-verwaltung, Geräte- und Dateiverwaltung, Betriebssystemvirtualisierung.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                                                                         |                 |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                                                                         |                 |
| Die Studierenden verfügen über die Kenntnisse und die praktischen Fähigkeiten zu Aufbau und Nutzung der wesentlichen Komponenten von Betriebssystemen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                                                                         |                 |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                 |
| V (2) + Ü (2)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                                                                         |                 |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                                                                         |                 |
| Klausur (ca. 60-120 Min.)<br>Klausur kann nach Ankündigung der Dozentin bzw. des Dozenten zu LV-Beginn durch eine mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 15 Min. je TN) ersetzt werden.<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>bonusfähig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                                                                         |                 |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                                                                         |                 |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                                                                         |                 |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         |                 |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                                                                         |                 |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                                                                         |                 |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                         |                 |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                                                                         |                 |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                         |                 |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                                                                         |                 |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                                                                         |                 |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                                         |                 |
| Bachelor (1 Hauptfach) Informatik (2019)<br>Master (1 Hauptfach) Nanostrukturtechnik (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physik (2020)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsinformatik (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Luft- und Raumfahrtinformatik (2020)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Informatik und Nachhaltigkeit (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Quantentechnologie (2021)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsinformatik (2021)<br>Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2022) |                         |                                                                                                         |                 |
| 1-Fach-Master Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | JMU Würzburg • Erzeugungsdatum 29.07.2024 • PO-Datensatz Master (120 ECTS) Physics International - 2024 | Seite 161 / 171 |

Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2023)  
Bachelor (1 Hauptfach) Mathematik (2023)  
Bachelor (1 Hauptfach) Wirtschaftsinformatik (2023)  
Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)  
Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)  
Bachelor (1 Hauptfach) Künstliche Intelligenz und Data Science (2024)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | Kurzbezeichnung         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Künstliche Intelligenz 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | 10-I=KI1-212-m01        |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         | anbietende Einrichtung  |
| Inhaber/-in des Lehrstuhls für Informatik VI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Institut für Informatik |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | numerische Notenvergabe | --                      |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Niveau                  | weitere Voraussetzungen |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | weiterführend           | --                      |
| <b>Inhalte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| Intelligente Agenten, uninformierte und heuristische Suche, Constraint Problem Solving, Suche mit partieller Information, Aussagen- und Prädikatenlogik und Inferenz, Wissensrepräsentationen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| <b>Qualifikationsziele / Kompetenzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |
| Die Studierenden verfügen über theoretisches und praktisches Wissen über die Künstliche Intelligenz im Bereich Agenten, Suche und Logik und können ihre Einsatzmöglichkeiten einschätzen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |
| <b>Lehrveranstaltungen</b> (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| V (2) + Ü (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| <b>Erfolgsüberprüfung</b> (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |
| Klausur (ca. 60-120 Min.)<br>Klausur kann nach Ankündigung der Dozentin bzw. des Dozenten zu LV-Beginn durch eine mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder mündliche Gruppenprüfung (2 Teilnehmer, je ca. 15 Min.) ersetzt werden.<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>bonusfähig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                         |
| <b>Platzvergabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |
| mögliche Schwerpunkte für den MA 120 Informatik: AT,SE,KI,HCI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                         |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                         |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                         |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                         |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                         |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                         |
| Master (1 Hauptfach) Informatik (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Luft- und Raumfahrtinformatik (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Computational Mathematics (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Information Systems (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematik (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Informatik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Luft- und Raumfahrtinformatik (2023)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Computational Mathematics (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Mathematik (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Information Systems (2024) |                         |                         |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | Kurzbezeichnung                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Sensorische und aktorische Materialien - Funktionelle Keramiken und magnetische Partikel</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | o8-FU-SAM-161-mo1                                    |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         | anbietende Einrichtung                               |
| Studienfachverantwortliche/-r Funktionswerkstoffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Institut für Funktionsmaterialien und Biofabrikation |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                              |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | numerische Notenvergabe | --                                                   |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                              |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | weiterführend           | --                                                   |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                      |
| Herstellung, Wirkungsweise und Anwendungen sensorischer und aktorischer Materialien wie Piezoelektrika, Formgedächtnismaterialien, magnetostriktive Materialien. Elektrorheologische und magnetorheologische Flüssigkeiten, Magnetofluide.                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                      |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                      |
| Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse im Bereich der sensorischen und aktorischen Materialien.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                      |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                      |
| V (2) + P (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                      |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                      |
| a) Klausur (ca. 90 Min.) oder<br>b) mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Min.) oder<br>c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, ca. 30 Min. je TN)<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>Prüfungsturnus: jährlich, SS<br>P: bonusfähig                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                      |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                      |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                      |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                      |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                      |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                      |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                      |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                      |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                      |
| Master (1 Hauptfach) Physik (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Nanostrukturtechnik (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Funktionswerkstoffe (2016)<br>Master (1 Hauptfach) Nanostrukturtechnik (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physik (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Quantentechnologie (2021)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024) |                         |                                                      |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | Kurzbezeichnung                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|
| Elektrochemische Energiespeicher und -wandler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         | o8-FU-EEW-222-m01                                    |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | anbietende Einrichtung                               |
| Inhaber/-in des Lehrstuhls für Chemische Technologie der Materialsynthese                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Institut für Funktionsmaterialien und Biofabrikation |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                              |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | numerische Notenvergabe | --                                                   |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                              |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | grundständig            | --                                                   |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |
| Chemie und Anwendungen von: Batteriesystemen (wässrige und nichtwässrige Systeme wie Blei-, Nickel-Cadmium- und Nickelmetallhydrid-, Natrium-Schwefel-, Natrium-Nickelchlorid, Lithium-Ionen- Akkus), elektrochemischen Doppelschichtkondensatoren, Redox-Flow-Batterie, Brennstoffzellen- systemen (AFC, PEMFC, DMFC, PAFC, SOFC), Solarzellen (Si, CIS, CIGS, GaAs, organische und Farbstoffsolarzelle), Thermoelektrika. |                         |                                                      |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                      |
| Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der elektrochemischen Energiespeicherung und -wandlung und kann diese auf wissenschaftliche Fragestellungen anwenden.                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                      |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                      |
| V (2) + S (2)<br>Veranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                      |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                      |
| a) Klausur (ca. 90 Min.) oder mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) und<br>b) Vortrag (ca. 30 Min.); (Gewichtung: 65:35)<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>Prüfungsturnus: Jährlich, SS                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                      |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                      |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                      |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                      |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                      |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                      |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                                      |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                      |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |
| Master (1 Hauptfach) Funktionswerkstoffe (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Kurzbezeichnung                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Struktur-Eigenschafts-Korrelationen bei Leichtbauwerkstoffen - Experimente und Simulationsrechnung</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         | o8-FU-MW-222-m01                                     |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         | anbietende Einrichtung                               |
| Studienfachverantwortliche/-r Funktionswerkstoffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         | Institut für Funktionsmaterialien und Biofabrikation |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module                              |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | numerische Notenvergabe | --                                                   |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Niveau                  | weitere Voraussetzungen                              |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | weiterführend           | --                                                   |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                      |
| Materialeigenschaften von Metallen und Keramiken: Korrelation von Struktur-/Eigenschaftsbeziehungen durch Experimente und Simulationen.                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                      |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                      |
| Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse über in die Eigenschaften moderner Werkstoffe: Flugzeugaluminiumlegierungen und Hochleistungskeramiken. Es werden Messmethoden und Berechnungen durch numerische Simulationsverfahren vorgestellt. Besonders betont wird die Beziehung zwischen der mikro-/nanoskopischen Struktur der Werkstoffe und der daraus abgeleiteten Materialeigenschaften. |                         |                                                      |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                      |
| V (2) + S (2)<br>Veranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                      |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |
| a) Klausur (ca. 90 Min.) oder mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) und<br>b) Vortrag (ca. 30 Min.); (Gewichtung: 60:40)<br>Prüfungssprache: Deutsch und/oder Englisch<br>Prüfungsturnus: Jährlich, SS                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                      |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                      |
| 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                      |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                      |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                      |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                      |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                      |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                      |
| Master (1 Hauptfach) Funktionswerkstoffe (2022)<br>Master (1 Hauptfach) Quantum Engineering (2024)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Modulbezeichnung</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | <b>Kurzbezeichnung</b>                            |
| Nonphysical Minor Subject                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | 11-EXNP6-Int-201-m01                              |
| <b>Modulverantwortung</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         | <b>anbietende Einrichtung</b>                     |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Fakultät für Physik und Astronomie                |
| <b>ECTS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Bewertungsart</b>    | <b>zuvor bestandene Module</b>                    |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                                |
| <b>Moduldauer</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Niveau</b>           | <b>weitere Voraussetzungen</b>                    |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | weiterführend           | Genehmigung des Prüfungsausschusses erforderlich. |
| <b>Inhalte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| Nichtphysikalisches Nebenfach. Angerechnete Studienleistungen, z.B. bei Hochschulwechsel oder Auslandsstudium                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                                   |
| <b>Qualifikationsziele / Kompetenzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                   |
| Der/Die Studierende besitzt fortgeschrittene Kompetenzen auf Masterniveau, die den Anforderungen an ein Modul im Bereich des nichtphysikalischen Nebenfaches (Mathematik, Chemie, Informatik, ..) entsprechen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| <b>Lehrveranstaltungen</b> (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                   |
| V (3) + R (1)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                                   |
| <b>Erfolgsüberprüfung</b> (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                   |
| a) Klausur (ca. 90-120 Min.) oder b) mündliche Einzelprüfung (ca. 30 Min.) oder c) mündliche Gruppenprüfung (2 TN, je ca. 30 Min.) oder d) Projektbericht (ca. 8-10 S.) oder e) Referat/Vortrag (ca. 30 Min.).<br>Sofern eine Klausur als Prüfungsform festgelegt wurde, kann diese in eine mündliche Einzel- bzw. Gruppenprüfung geändert werden. Dies ist spätestens vier Wochen vor dem ursprünglich festgesetzten Klausurtermin von der Dozentin bzw. dem Dozenten anzukündigen.<br>Prüfungssprache: Englisch |                         |                                                   |
| <b>Platzvergabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| <b>weitere Angaben</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| <b>Arbeitsaufwand</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| <b>Lehrturnus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                   |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                   |
| <b>Bezug zur LPO I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                   |
| <b>Verwendung des Moduls in Studienfächern</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                   |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                   |

## Abschlussbereich

(60 ECTS-Punkte)

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                             | Kurzbezeichnung                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Professional Specialization Physics International                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                             | 11-FS-P-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             | anbietende Einrichtung             |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewertungsart               | zuvor bestandene Module            |
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | bestanden / nicht bestanden | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Niveau                      | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | weiterführend               | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             |                                    |
| Einführung in aktuelle experimentelle oder theoretische Fragestellungen aus einem Teilgebiet der Physik mit besonderer Relevanz zum angestrebten Thema der Masterarbeit und Zusammenfassung der erforderlichen Grundlagenthemen in einem Seminarvortrag.                                                                                                 |                             |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                             |                                    |
| Der/Die Studierende verfügt über vertiefte Kenntnisse in einem aktuellen experimentellen oder theoretischen Teilgebiet der Physik mit besonderer Relevanz zum angestrebten Thema der Masterarbeit. Er/Sie kennt den aktuellen Stand der Forschung in diesem Gebiet und ist in der Lage, diese Kenntnisse zusammenfassend in einem Vortrag zu vermitteln. |                             |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |                                    |
| S (4)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                             |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                       |                             |                                    |
| Vortrag mit Diskussion (30-45 Min.)<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                             |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                             |                                    |
| 450 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                             |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                             |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                   |                             |                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                                    |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             |                                    | Kurzbezeichnung     |
| Scientific Methods and Project Management Physics International                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                                    | 11-MP-P-Int-201-m01 |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                             | anbietende Einrichtung             |                     |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             | Fakultät für Physik und Astronomie |                     |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bewertungsart               | zuvor bestandene Module            |                     |
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | bestanden / nicht bestanden | --                                 |                     |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Niveau                      | weitere Voraussetzungen            |                     |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | weiterführend               | --                                 |                     |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             |                                    |                     |
| Einführung in die Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens unter Einbeziehung von Methoden der Projektplanung und Anwendung auf theoretische oder experimentelle Fragestellungen der Physik sowie Erstellung eines wissenschaftlichen Projektplans für die geplante Masterarbeit.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                             |                                    |                     |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |                                    |                     |
| Der/Die Studierende verfügt über die Kenntnisse der wissenschaftlichen Vorgehensweise und des methodischen Arbeitens unter Einbeziehung von Methoden der Projektplanung in einem aktuellen experimentellen oder theoretischen Teilgebiet der Physik mit besonderer Relevanz zum angestrebten Thema der Masterarbeit. Er/Sie ist in der Lage, den der Masterarbeit zugrundeliegenden Projektplan zu erstellen und die erforderlichen experimentellen oder theoretischen Arbeiten zu planen. Er/Sie verfügt über die Kompetenz, sein/ihr Projekt in einem Vortrag zusammenfassend darzustellen. |                             |                                    |                     |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             |                                    |                     |
| R (4)<br>Veranstaltungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                             |                                    |                     |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                             |                                    |                     |
| Vortrag mit Diskussion (30-45 Min.)<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             |                                    |                     |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             |                                    |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                             |                                    |                     |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                                    |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                             |                                    |                     |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                             |                                    |                     |
| 450 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                             |                                    |                     |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                             |                                    |                     |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                             |                                    |                     |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                                    |                     |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                             |                                    |                     |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             |                                    |                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |                                    |                     |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |                                    |                     |

| Modulbezeichnung                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         | Kurzbezeichnung                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Master Thesis Physics International                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | 11-MA-P-Int-201-m01                |
| Modulverantwortung                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         | anbietende Einrichtung             |
| Prüfungsausschussvorsitzende/-r                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | Fakultät für Physik und Astronomie |
| ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bewertungsart           | zuvor bestandene Module            |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | numerische Notenvergabe | --                                 |
| Moduldauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Niveau                  | weitere Voraussetzungen            |
| 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | weiterführend           | --                                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Weitestgehend selbstständige Bearbeitung einer experimentellen oder theoretischen Aufgabe aus der Physik, insbesondere nach bekannten Verfahren und wissenschaftlichen Gesichtspunkten, und Erstellung der Abschlussarbeit                                                                                         |                         |                                    |
| Qualifikationsziele / Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                                    |
| Die Studierenden sind in der Lage, weitestgehend selbstständig eine experimentelle oder theoretische Aufgabe aus der Physik insbesondere nach bekannten Verfahren und wissenschaftlichen Gesichtspunkten zu bearbeiten und in einer schriftlichen Abschlussarbeit zusammenfassend zu diskutieren und darzustellen. |                         |                                    |
| Lehrveranstaltungen (Art, SWS, Sprache sofern nicht Deutsch)                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Erfolgsüberprüfung (Art, Umfang, Sprache sofern nicht Deutsch / Turnus sofern nicht semesterweise / Bonusfähigkeit sofern möglich)                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Master-Thesis (im Gesamtumfang von 750-900 Std.)<br>Prüfungssprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                    |
| Platzvergabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| weitere Angaben                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| Bearbeitungszeit: 6 Monate                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| Arbeitsaufwand                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                                    |
| 900 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Lehrturnus                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                    |
| k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                    |
| Bezug zur LPO I                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                    |
| --                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                    |
| Verwendung des Moduls in Studienfächern                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                    |
| Master (1 Hauptfach) Physics International (2020)<br>Master (1 Hauptfach) Physics International (2024)                                                                                                                                                                                                             |                         |                                    |