

# Curriculum für das Bachelorstudium Physik (Version 2018)

Stand: Juni 2018

Mitteilungsblatt UG 2002 vom 26.06.2018, 35. Stück, Nummer 183

Rechtsverbindlich sind allein die im Mitteilungsblatt der Universität Wien kundgemachten Texte.

## § 1 Studienziele und Qualifikationsprofil

(1) Das Ziel des Bachelorstudiums Physik an der Universität Wien ist, den Studierenden eine breite und wissenschaftlich fundierte Grundausbildung auf dem Gebiet der Physik und ihrer Anwendungen zu vermitteln.

(2) Die Absolventinnen und Absolventen des Bachelorstudiums Physik sind vertraut mit den wissenschaftlichen Methoden physikalischen Experimentierens, der theoretischen Beschreibung sowie computergestützten Modellierung physikalischer Zusammenhänge und Prozesse. Sie besitzen grundlegende Kenntnisse über die wichtigsten Teilgebiete der Physik und ihrer Beziehungen zueinander. Darüber hinaus sind sie geübt im Umgang mit modernen Computertechnologien sowie ihrer Anwendung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich, kennen mathematische Werkzeuge und Methoden und beherrschen ihre Anwendung auf Problemstellungen in der Physik.

Die wissenschaftliche Fundierung des Bachelorstudiums Physik befähigt zur kritischen Bewertung von Wissen und zum quantitativen Argumentieren. Durch den Einsatz moderner Lehr- und Lernmethoden (eLearning, kooperative Arbeitsformen, erhöhte Eigentätigkeit der Studierenden) wird im Bachelorstudium Physik wissenschaftliche Fachkompetenz erworben und die im Berufsleben geforderten Fähigkeiten zur Teamarbeit und Selbständigkeit gefördert. Die spezifisch physikalische Denkweise ermöglicht den Absolventinnen und Absolventen, ihre Kenntnisse und Fähigkeiten auch über das engere Fachgebiet hinaus einzusetzen und in allen Berufen, die Gewandtheit im Umgang mit logischen Strukturen erfordern, kreativ und innovativ tätig zu werden.

(3) Die Unterrichtssprachen sind Deutsch und Englisch. Es werden daher Englischkenntnisse auf Niveau B2 des Europäischen Referenzrahmens empfohlen.

(4) Die im Bachelorstudium Physik erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten dienen auch als Vorbereitung auf das weiterführende Masterstudium Physik sowie auf andere fachverwandte Masterstudiengänge.

(5) Um das Bachelorstudium Physik in der vorgegebenen Zeit absolvieren zu können, wird den Studierenden empfohlen, sich an den Semesterplan zu halten, der im Anhang tabellarisch zusammengestellt ist.

## § 2 Dauer und Umfang

(1) Der Arbeitsaufwand für das Bachelorstudium Physik beträgt 180 ECTS-Punkte. Das entspricht einer vorgesehenen Studiendauer von sechs Semestern.

(2) Das Studium ist abgeschlossen, wenn 159 ECTS-Punkte gemäß den Bestimmungen in den Pflichtmodulgruppen und 21 ECTS-Punkte gemäß den Bestimmungen in den Wahlmodulgruppen positiv absolviert wurden. Anstelle der Module „Soft Skills“ und „Ergänzung“ kann ein Erweiterungscurriculum im Ausmaß von 15 ECTS-Punkten absolviert werden.

## § 3 Zulassungsvoraussetzungen

Die Zulassung zum Bachelorstudium Physik erfolgt gemäß dem Universitätsgesetz 2002 in der geltenden Fassung.

## § 4 Akademischer Grad

Absolventinnen bzw. Absolventen des Bachelorstudiums Physik ist der akademische Grad „*Bachelor of Science*“ – abgekürzt BSc – zu verleihen. Im Falle der Führung ist dieser akademische Grad dem Namen nachzustellen.

## § 5 Aufbau – Module mit ECTS-Punktezuweisung

### (1) Überblick

Das Bachelorstudium Physik besteht aus fünf Modulgruppen:

- Die Pflichtmodulgruppe A „Studieneingangs- und Orientierungsphase (StEOP)“ im Ausmaß von 15 ECTS-Punkten dient zur Orientierung der Studienanfängerinnen und Studienanfänger.
- Die Pflichtmodulgruppe B im Ausmaß von 139 ECTS-Punkten dient der fachlichen Grundausbildung in der experimentellen und theoretischen Physik sowie in der Informatik und der dafür notwendigen Mathematik. Im Pflichtmodul „Ergänzung“ im Ausmaß von 10 ECTS-Punkten und im Pflichtmodul „Soft Skills“ im Ausmaß von 5 ECTS-Punkten ist auch eine Verbreiterung in verwandte Fachdisziplinen sowie das Erlernen von Fähigkeiten in den Bereichen wissenschaftliches Dokumentieren, verantwortungsbewusste Forschung und gute wissenschaftliche Praxis, Diversität und Chancengleichheit sowie Coaching und Lernbegleitung von Studierenden möglich. Für die Teilnahme am Pflichtmodul „Bachelorseminar“ ist erforderlich, dass mindestens 90 ECTS-Punkte absolviert wurden.
- Die Pflichtmodulgruppe C besteht aus zwei alternativen Pflichtmodulen im Ausmaß von je 5 ECTS-Punkten, die den Studierenden das Erlernen numerischer Methoden zur Lösung physikalischer Problemstellungen oder eine Grundausbildung im computergestützten wissenschaftlichen Arbeiten mit Schwerpunkt auf Datenanalyse und Visualisierung ermöglicht. Eines dieser beiden Module ist verpflichtend zu wählen.
- Die Wahlmodulgruppe A gibt den Studierenden die Möglichkeit, sich zumindest in zwei Teilgebieten nach eigenem Interesse zu vertiefen. Es sind insgesamt zwei Module im Ausmaß von 14 ECTS-Punkten verpflichtend zu wählen.
- Die Wahlmodulgruppe B dient der Vertiefung der Fertigkeiten im praktischen Arbeiten (Durchführung von Experimenten oder physikalische Fragestellungen computergestützt zu behandeln). Es ist ein Modul im Ausmaß von 7 ECTS-Punkten verpflichtend zu absolvieren. Die Teilnahme an den Modulen der Wahlmodulgruppe B erfordert den Nachweis, dass mindestens 90 ECTS-Punkte inklusive des Pflichtmoduls „Einführung in das experimentelle Arbeiten“ bereits absolviert wurden.

#### (1.1) Pflichtmodulgruppe A: „Studieneingangs- und Orientierungsphase (StEOP)“: 15 ECTS-Punkte

|         | Pflichtmodule  | ECTS-Punkte |
|---------|--|-------------|
| StEOP 1 | Experimentalphysik I:<br>Klassische Mechanik und Thermodynamik | 8           |
| StEOP 2 | Einführung in die physikalischen Rechenmethoden                | 7           |

#### (1.2) Pflichtmodulgruppe B: 139 ECTS-Punkte

|        | Pflichtmodule                     | ECTS-Punkte |
|--------|-----------------------------------|-------------|
| LINALG | Lineare Algebra für PhysikerInnen | 7           |
| ANA I  | Analysis für PhysikerInnen I      | 8           |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| E II    | Experimentalphysik II: Optik, Elektromagnetismus und Relativität | 8  |
| EEA     | Einführung in das experimentelle Arbeiten                        | 4  |
| T I     | Theoretische Physik I: Klassische Mechanik                       | 9  |
| ANA II  | Analysis für PhysikerInnen II                                    | 8  |
| T II    | Theoretische Physik II: Elektrodynamik                           | 9  |
| LP I    | Laborpraktikum I   | 6  |
| PROG    | Programmieren für PhysikerInnen                                  | 6  |
| ANA III | Analysis für PhysikerInnen III                                   | 8  |
| FFP     | Forschung an der Fakultät für Physik                             | 1  |
| E III   | Experimentalphysik III:<br>Quantenmechanik, Atom- und Kernphysik | 8  |
| T III   | Theoretische Physik III: Quantenmechanik                         | 9  |
| LP II   | Laborpraktikum II  | 9  |
| E IV    | Experimentalphysik IV:<br>Kondensierte Materie                   | 8  |
| T IV    | Theoretische Physik IV:<br>Thermodynamik und Statistische Physik | 9  |
| SFSK    | Soft Skills  | 5  |
| ERGB    | Ergänzung  | 10 |
| BACHSE  | Bachelorseminar  | 7  |

**(1.3) Pflichtmodulgruppe C:**

**5 ECTS-Punkte**

Aus der Pflichtmodulgruppe C ist eines der beiden alternativen Pflichtmodule verpflichtend zu wählen.

|        | Alternative Pflichtmodule   | ECTS-Punkte |
|--------|-----------------------------|-------------|
| SCICOM | Scientific Computing        | 5           |
| DSC    | Data Science for Physicists | 5           |

**(1.4) Wahlmodulgruppe A:**

**14 ECTS-Punkte**

Aus der Wahlmodulgruppe A (WPF 1 bis WPF 9) sind 2 Module zu absolvieren. Die Wahlmodule geben den Studierenden die Möglichkeit, sich in zumindest 2 Themengebieten nach eigenem Interesse zu vertiefen. Die Wahlmodulgruppe A umfasst folgende Module:

|       | Wahlmodule                                       | ECTS-Punkte |
|-------|--|-------------|
| WPF 1 | Computational Physics                            | 7           |
| WPF 2 | Klassische- und Quantenoptik                     | 7           |
| WPF 3 | Quanteninformatik                                | 7           |
| WPF 4 | Advanced Materials                               | 7           |
| WPF 5 | Nanotechnologie: Konzepte, Methoden, Materialien | 7           |
| WPF 6 | Einführung in die Teilchenphysik                 | 7           |

|       |                                       |   |
|-------|---------------------------------------|---|
| WPF 7 | Einführung in die Relativitätstheorie | 7 |
| WPF 8 | Einführung in die Kernphysik          | 7 |
| WPF 9 | Aerosolphysik                         | 7 |

**(1.5) Wahlmodulgruppe B:**

**7 ECTS-Punkte**

Aus der Wahlmodulgruppe B (WLP 1 bis 10) ist genau ein Laborpraktikum im Ausmaß von 7 ECTS-Punkten zu absolvieren. Voraussetzung dafür ist die Absolvierung von 90 ECTS-Punkten inklusive des Pflichtmoduls „Einführung in das experimentelle Arbeiten“ aus dem Bachelorstudium Physik.

|        | Wahlmodule  | ECTS-Punkte |
|--------|---|-------------|
| WLP 1  | Laborpraktikum: Computational Statistical Mechanics                       | 7           |
| WLP 2  | Laborpraktikum: Computational Quantum Mechanics                           | 7           |
| WLP 3  | Laborpraktikum: Klassische- und Quantenoptik                              | 7           |
| WLP 4  | Laborpraktikum: Advanced Materials  | 7           |
| WLP 5  | Laborpraktikum: Nanotechnologie: Konzepte, Methoden, Materialien          | 7           |
| WLP 6  | Laborpraktikum: Kernphysik  | 7           |
| WLP 7  | Laborpraktikum: Aerosolphysik   |             |
| WLP 8  | Laborpraktikum: Grundlagen der Elektronik für ExperimentalphysikerInnen   | 7           |
| WLP 9  | Laborpraktikum: Elektronische Messwert-erfassung und Laborautomatisierung | 7           |
| WLP 10 | Laborpraktikum: Theoretische Physik                                       | 7           |

**(2) Modulbeschreibungen**

Die in den Modulbeschreibungen angegebenen Semesterwochenstunden (SSt.) beziehen sich jeweils auf die Gesamtanzahl an Semesterwochenstunden, welche für den jeweiligen Lehrveranstaltungstyp vorgesehen sind.

**(2.1) Pflichtmodulgruppe A:**

**„Studieneingangs- und Orientierungsphase (StEOP)“: 15 ECTS-Punkte**

|                                |   |                                |
|--------------------------------|---|--------------------------------|
| <b>StEOP 1</b>                 | <b>Experimentalphysik I: Klassische Mechanik und Thermodynamik</b><br>(Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>8</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | keine   |                                |
| <b>Modulziele</b>              | <p>Studierende haben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle der klassischen Mechanik und der Thermodynamik und können diese auf unterschiedliche physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben erste Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.</p> <p><u>Die durch Experimente veranschaulichten Inhalte umfassen:</u> Mechanik von Massenpunkten und von starren Körpern, Mechanik von festen Körpern (Elastizitätslehre) und Fluiden, Schwingungen und Wellen, Grundlagen der Thermodynamik, Hauptsätze der Thermodynamik.</p> |                                |

|                          |  |
|--------------------------|--|
|                          | Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft. |
| <b>Modulstruktur</b>     | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 5 ECTS, 5 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (8 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch  |

|                                |  |                                |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>StEOP 2</b>                 | <b>Einführung in die physikalischen Rechenmethoden</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | keine  |                                |
| <b>Modulziele</b>              | Studierende haben Kenntnisse über die grundlegenden mathematischen Konzepte und Werkzeuge und die Fertigkeiten, damit unterschiedliche mathematische Aufgaben zu lösen.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u> Funktionen, Vektoren, Koordinatensysteme, Differentiation, partielle Ableitungen, Integration, Mehrfachintegrale, komplexe Zahlen (mit Anwendung in der Wechselstromtechnik), skalare Felder und Vektorfelder, Gradient, Divergenz, Rotation, Kurvenintegrale, Oberflächenintegrale. Gewöhnliche Differentialgleichungen, lineare homogene und inhomogene Differentialgleichungen, Existenz und Eindeutigkeit.<br><br>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung sowie in der prüfungsvorbereitenden Vorlesung verbunden mit Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>           | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 2 ECTS, 2 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)<br>PVU: 2 ECTS, 2 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>       | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                 | Deutsch oder Englisch  |                                |

Die erfolgreiche Absolvierung der Pflichtmodulgruppe A (StEOP 1 und STEOP 2) ist Voraussetzung für das Absolvieren der weiteren Modulgruppen des Physikstudiums. Auch ohne positiven Abschluss der Pflichtmodulgruppe A (StEOP 1 und STEOP 2) dürfen folgende Module aus der Pflichtmodulgruppe B absolviert werden:

VO & UE Lineare Algebra für PhysikerInnen (LINALG), VO & UE Analysis für PhysikerInnen I (ANA I), UE Experimentalphysik II: Optik, Elektromagnetismus, Relativität (E II) und die VU Einführung in das experimentelle Arbeiten (EEA).

**(2.2) Pflichtmodulgruppe B:**

**139 ECTS-Punkte**

|                                |   |                                |
|--------------------------------|---|--------------------------------|
| <b>LINALG</b>                  | <b>Lineare Algebra für PhysikerInnen</b><br>(Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | keine   |                                |
| <b>Modulziele</b>              | Studierende haben für die Physik grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten der linearen Algebra erworben.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u> Elementare algebraische Strukturen (Gruppen, Körper), Geometrie in der Ebene und im dreidimensionalen Raum (Vektoraddition, Skalarprodukt, Vektorprodukt, Summenkonvention, Kronecker- |                                |

|                          |  |
|--------------------------|--|
|                          | Symbol, Epsilon-Symbol), reelle und komplexe Vektorräume, lineare Abbildungen und Matrizen, Quotientenvektorraum (Äquivalenzrelation), Dualraum, lineare Gleichungssysteme, Determinanten, Eigenwerte und Normalformen (Diagonalisierbarkeit, Jordan'sche Normalform), Euklidische und unitäre Vektorräume, Tensorprodukt. |
| <b>Modulstruktur</b>     | VO: 4 ECTS, 4 SSt. (npi)<br>UE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Positiver Abschluss aller Lehrveranstaltungen (7 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch  |

|                                |   |                                |
|--------------------------------|---|--------------------------------|
| <b>ANA I</b>                   | <b>Analysis für PhysikerInnen I</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>8</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | keine   |                                |
| <b>Modulziele</b>              | Studierende haben für die Physik grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten der Analysis (1. Teil) erworben.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u> Mengen und Abbildungen; rationale, reelle und komplexe Zahlen; Folgen und Reihen reeller und komplexer Zahlen, Potenzreihen; Exponentialfunktion, Logarithmus und trigonometrische Funktionen; offene und abgeschlossene Teilmengen der reellen Zahlen; Stetigkeit von Funktionen und Grenzwerte, Landau-Symbole $o$ und $O$ ; Differentialrechnung; Differenzierbarkeit, Rechenregeln, höhere Ableitungen, Maxima und Minima; Integration: Integralbegriff, Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung, partielle Integration, Substitutionsregel, uneigentliche Integrale; punktweise und gleichmäßige Konvergenz von Funktionenfolgen; Taylor-Reihen; Fourier-Reihen. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>           | VO: 5 ECTS, 4 SSt. (npi)<br>UE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)   |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>       | Positiver Abschluss aller Lehrveranstaltungen (8 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                 | Deutsch oder Englisch   |                                |

|                                |  |                                |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>E II</b>                    | <b>Experimentalphysik II:</b><br><b>Optik, Elektromagnetismus, Relativität</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>8</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | StEOP  |                                |
| <b>Modulziele</b>              | Studierende haben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle der Optik, des Elektromagnetismus und der speziellen Relativitätstheorie und können diese auf unterschiedliche physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu erste Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.<br><br><u>Die durch Experimente veranschaulichten Inhalte umfassen:</u> Elektrostatik, elektrische Ströme, Magnetostatik und zeitabhängige elektromagnetische Felder, elektromagnetische Schwingungen und Wellen; Geometrische und Wellenoptik; Inertialsysteme, Zeitdilatation, Lorentz-Transformation, Masse-Energie Äquivalenz. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>           | VO: 5 ECTS, 5 SSt. (npi)<br>UE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>       | Positiver Abschluss aller Lehrveranstaltungen (8 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                 | Deutsch oder Englisch  |                                |

|                                |  |                                |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>EEA</b>                     | <b>Einführung in das experimentelle Arbeiten</b><br>(Pflichtmodul) | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>4</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | keine  |                                |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Modulziele</b>        | Studierende können einfache mechanische und elektrische Messungen durchführen und auswerten. Sie beherrschen den Umgang mit systematischen Fehlern, Typ-A- und Typ-B-Messunsicherheiten, zusammengesetzten Messunsicherheiten (Fehlerfortpflanzung) und können lineare und andere Regressionsfunktionen sowie einfache statistische Tests durchführen. Sie sind in der Lage ihre Ergebnisse in Protokollen der guten wissenschaftlichen Praxis entsprechend zu dokumentieren und darzustellen. |
| <b>Modulstruktur</b>     | VU: 4 ECTS, 3 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (4 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch  |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>T I</b>                                | <b>Theoretische Physik I:<br/>Klassische Mechanik</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>9</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | ANA I, LINALG   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende haben Kenntnisse über die Konzepte und Modelle der klassischen Mechanik und der Thermodynamik und können diese auf unterschiedliche physikalisch-theoretische Problemstellungen anwenden. Sie haben Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung im Bereich der theoretischen Physik erworben.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Newton'sche Mechanik, Variationsrechnung, Hamilton'sches Wirkungsprinzip, Lagrange-Formalismus, Noether-Theorem, Galilei-Transformationen, Zweikörperproblem, Oszillationen, Legendre-Transformation, Hamilton-Formalismus, Poisson-Klammer, kanonische Transformationen, Lorentz-Transformationen, Kinematik und Dynamik der relativistischen Mechanik |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | VO: 6 ECTS, 4 SSt. (npi)<br>UE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)   |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss aller Lehrveranstaltungen (9 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                                |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>ANA II</b>                             | <b>Analysis für PhysikerInnen II</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>8</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | ANA I  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende haben für die Physik grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten der Analysis (2. Teil) erworben.<br><br><u>Inhalte umfassen:</u> Topologie des $R^n$ ; differenzierbare Kurven im $R^n$ ; Funktionen auf dem $R^n$ : Differenzierbarkeit, implizite Funktionen, Taylor-Formel, lokale Extrema; Abbildungen vom $R^m$ in den $R^n$ : Differenzierbarkeit, Kettenregel, Flächen und Untermannigfaltigkeiten; Integration in mehreren Variablen, Volumenberechnung, Transformationsformel; Klassische Integralsätze: Vektoranalysis in drei Dimensionen, Sätze von Stokes und Gauß. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | VO: 5 ECTS, 4 SSt. (npi)<br>UE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss aller Lehrveranstaltungen (8 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                                |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>T II</b>                               | <b>Theoretische Physik II: Elektrodynamik</b><br>(Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>9</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | ANA I, ANA II, LINALG  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle des Elektromagnetismus und der speziellen Relativitätstheorie und können diese auf unterschiedliche physikalisch-theoretische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung im Bereich der theoretischen Physik erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u> Green'sche Funktion und Distributionen (als Wiederholung der mathematischen Grundlagen); Elektro- und Magnetostatik (Felder, Maxwell-Gleichungen, Potentiale) sowie Elektrodynamik (Magnetismus und elektrische Ströme, Lorentzkraft, Erzeugung elektromagnetischer Strahlung, Eichtransformation), Elektrodynamik in kontinuierlichen Medien, die relativistische Formulierung der Elektrodynamik (Minkowskiraum, Lorentz- und Poincarétransformationen, Vierervektoren und –tensoren, Viererpotential des elektromagnetischen Feldes).</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 6 ECTS, 4 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (9 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                                |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>LP I</b>                               | <b>Laborpraktikum I</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>6</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E II  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende können grundlegende Messmethoden und Experimente aus den Bereichen der Mechanik, Optik, Elektrizitätslehre und Wärmelehre ausführen und dabei großteils eigenständig und eigenverantwortlich arbeiten. Protokollieren als eine erste Vorübung für wissenschaftliches Schreiben wurde trainiert. Sie haben dadurch die notwendigen Fertigkeiten für weiterführende Praktika und für angeleitetes wissenschaftliches Arbeiten erworben. Ihr physikalisches Grundlagenwissen wurde vertieft und erweitert. Sie haben einen Einblick in die methodischen Grundlagen der Physik erhalten, insbesondere in das Wechselspiel zwischen Theorie und Experiment. Sie können Messdaten analysieren, dokumentieren und interpretieren.</p> |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 6 ECTS, 4 SSt. (pi)   |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (6 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                                |

|                                |  |                                |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROG</b>                    | <b>Programmieren für PhysikerInnen</b><br>(Pflichtmodul) | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>6</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | StEOP  |                                |



|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Modulziele</b>        | <p>Die Studierenden kennen einige Konzepte der Informatik, die in der Physik von Bedeutung sind und beherrschen die Grundfertigkeiten des Programmierens.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u> Einführung in Betriebssysteme; Einführung in die Computerarithmetik (Zeichenkodierung, Gleitkommazahlen, Boole'sche Algebra); Programmaufbau, -struktur, und -fluss; Grundelemente der imperativen und prozeduralen Programmierung (elementare Datentypen, Variablen und formatierte Ein- und Ausgabe, Funktion, Prozedur, Methode, Operatoren und Anweisungen, Kontrollstrukturen, Typisierung, Parametrisierung, Rekursion, strukturierte Datentypen, Speicherverwaltung, Debugging von Programmen, Anwendung von Standardbibliotheken); Grundelemente der objektorientierten Programmierung (Objekt, Referenz, Klasse, Vererbung, Subtypbildung); Diese Konzepte werden theoretisch erläutert sowie anhand von Beispielprogrammen in höheren Programmiersprachen vermittelt und durch selbständiges Programmieren geübt.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> |
| <b>Modulstruktur</b>     | <p><u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br/>                 VO: 3 ECTS, 2 SSt. (npi)<br/>                 PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (6 ECTS)  |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch   |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>ANA III</b>                            | <b>Analysis für PhysikerInnen III</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>8</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | ANA I, ANA II, LINALG   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben für die Physik grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten der Analysis (3. Teil) erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u> Distributionen und Fouriertransformation; Partielle Differentialgleichungen: Wellengleichung, Laplace-/Poissongleichung, Wärmeleitungsgleichung, Green'sche Funktionen; Komplexe Analysis: Holomorphe Funktionen, Satz von Cauchy, Residuensatz mit Anwendungen; Unendlich-dimensionale Hilberträume: lineare Operatoren, Elemente der Spektraltheorie.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <p><u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br/>                 VO: 5 ECTS, 4 SSt. (npi)<br/>                 PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (8 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                                |

|                                |   |                                |
|--------------------------------|---|--------------------------------|
| <b>FFP</b>                     | <b>Forschung an der Fakultät für Physik</b><br>(Pflichtmodul) | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>1</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | StEOP   |                                |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Modulziele</b>        | Die Studierenden erhalten einen Ausblick auf das Studium, insbesondere lernen sie die verschiedenen Forschungsgruppen an der Fakultät für Physik kennen. Die Inhalte umfassen außerdem: Gleichstellung und Genderaspekte in der Physik, Berufsbild einer Physikerin bzw. eines Physikers. |
| <b>Modulstruktur</b>     | SE: 1 ECTS, 1 SSt. (pi)   |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (1 ECTS)  |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch   |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>E III</b>                              | <b>Experimentalphysik III: Quantenmechanik, Atom- und Kernphysik</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>8</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E II   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle der Quantenmechanik sowie der Atom und Kernphysik und können diese auf unterschiedliche physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu erste Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u> Phänomenologische Quantenphysik (Schwarzkörperstrahlung, Photoeffekt, Comptoneffekt), Elemente der Quantenoptik mit Photonen, Materiewellen, Teilchen in Potentialen, Grundlagen der Atomphysik, Zeeman-Effekt, Stern-Gerlach-Versuch, Feinstruktur und Hyperfeinstruktur, Spin-Resonanz, Licht-Materie-Wechselwirkungen; Einführung in die Kernphysik, einfache Kernmodelle, Radioaktivität, Anwendungen.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> <p>Die Inhalte und Ziele der Module E III und T III ergänzen und erweitern sich wechselseitig zu einem umfassenden inhaltlichen Einblick in das zentrale physikalische Themenfeld der Quantenmechanik sowie der Atom- und Kernphysik.</p> |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 5 ECTS, 4 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (8 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                                |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>T III</b>                              | <b>Theoretische Physik III: Quantenmechanik</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>9</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LINALG, ANA III, T I  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende haben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle der Quantenmechanik sowie der Atomphysik und können diese auf unterschiedliche physikalisch-theoretische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung im Bereich der theoretischen Physik erworben. |                                |

|                          |   |
|--------------------------|---|
|                          | <p><u>Die Inhalte umfassen:</u> Postulate der Quantenmechanik, Zustände und Observable, unitäre Transformationen, Zwei-Niveau-Systeme (Spin-1/2 Teilchen), Verschränkung, die Unschärferelation, Observablen mit kontinuierlichem Spektrum, Korrespondenzprinzip, Schrödingergleichung, Schrödinger- und Heisenberg-Bild, eindimensionale Probleme, harmonischer Oszillator, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren, Drehimpuls, Wasserstoffatom, einfache Störungstheorie.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> <p>Die Inhalte und Ziele der Module E III und T III ergänzen und erweitern sich wechselseitig zu einem umfassenden inhaltlichen Einblick in das zentrale physikalische Themenfeld der Quantenmechanik sowie der Atom- und Kernphysik.</p> |
| <b>Modulstruktur</b>     | <p><u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br/>                 VO: 6 ECTS, 4 SSt. (npi)<br/>                 PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (9 ECTS)  |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch   |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>LP II</b>                              | <b>Laborpraktikum II</b><br>(Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>9</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E II, LP I  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende haben verschiedene, teilweise komplexere Messmethoden und Experimente aus den Bereichen der Wärmelehre, Optik, Elektrizität und Magnetismus, Halbleiterphysik, Atom- und Kernphysik eigenständig ausführen, dokumentieren und präsentieren gelernt. Sie haben dadurch Fertigkeiten für weiterführende experimentelle Labortätigkeit und für angeleitetes wissenschaftliches Arbeiten erworben. Zudem haben sie ihr physikalisches Grundlagenwissen weiter vertieft und erweitert. Sie haben das Verständnis für die methodischen Ansätze der Physik vertieft. Sie können Messdaten analysieren, dokumentieren und interpretieren. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 9 ECTS, 6 SSt. (pi)   |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (9 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                                |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>E IV</b>                               | <b>Experimentalphysik IV:</b><br><b>Kondensierte Materie</b><br>(Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>8</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E II, E III   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle der Physik der kondensierten Materie und können diese auf unterschiedliche physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu erste Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u><br/>                 Moleküle (chemische Bindung, Schwingungen, Spektroskopie), Symmetriegruppen und Auswahlregeln, Langreichweitige Ordnung, Bravaisgitter,</p> |                                |

|                          |   |
|--------------------------|---|
|                          | <p>Kristallstruktur, Gitterschwingungen, freie und fast freie Elektronen, Bloch-Theorem, Bandstruktur.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> <p>Die Inhalte und Ziele der Module E IV und T IV ergänzen und erweitern sich wechselseitig im Bereich der statistischen Physik für das Themenfeld der Physik der kondensierten Materie.</p> |
| <b>Modulstruktur</b>     | <p><u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br/>                 VO: 5 ECTS, 4 SSt. (npi)<br/>                 PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (8 ECTS)  |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch   |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>T IV</b>                               | <b>Theoretische Physik IV:<br/>Thermodynamik und Statistische Physik</b><br>(Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>9</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | T I   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle der Thermodynamik und statistischen Physik und können diese auf unterschiedliche physikalisch-theoretische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung im Bereich der theoretischen Physik erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u> Hauptsätze der Thermodynamik, Entropie, thermodynamische Potentiale: freie Energie und Gibbs-Potential, chemisches Potential, statistische Interpretation der Entropie, mikrokanonische Gesamtheit, kanonische Gesamtheit, großkanonische Gesamtheit, ideale Quantengase (Fermi- und Bose-Statistik), Phasenübergänge, Mean-Field Theorie, Photonen und Phononen.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> <p>Die Inhalte und Ziele der Module E IV und T IV ergänzen und erweitern sich wechselseitig im Bereich der statistischen Physik für das Themenfeld der Physik der kondensierten Materie.</p> |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <p><u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br/>                 VO: 6 ECTS, 4 SSt. (npi)<br/>                 PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (9 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                                |

Es sind entweder die Module „Soft Skills“ (SFSK) und „Ergänzung“ (ERGB) oder ein Erweiterungscurriculum im Ausmaß von 15 ECTS-Punkten zu absolvieren.

|                                |   |                                |
|--------------------------------|---|--------------------------------|
| <b>SFSK</b>                    | <b>Soft Skills</b><br>(Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>5</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | StEOP   |                                |
| <b>Modulziele</b>              | Studierende können Kenntnisse und Fertigkeiten in folgenden Bereichen erwerben: |                                |

|                          |   |
|--------------------------|---|
|                          | Wissenschaftliches Recherchieren, Schreiben, Präsentieren, Publizieren und Diskutieren aktueller Forschung in englischer Sprache; Grundsätze zur Ausübung verantwortungsbewusster Forschung und guter wissenschaftlicher Praxis; Auseinandersetzung mit Diversität und Chancengleichheit; Vertiefung wissenschaftstheoretischer Fragestellungen und wissenschaftsgeschichtlicher Entwicklungen; Coaching und Lernbegleitung von Kleingruppen von Studierenden; Planung, Implementierung und Nachbereitung wissenschaftsbezogener Veranstaltungen. |
| <b>Modulstruktur</b>     | Studierende wählen VO, VU, UE oder SE im Ausmaß von insgesamt 5 ECTS-Punkten.   |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltungen (5 ECTS)  |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch   |

| <b>ERGB</b>                    | <b>Ergänzung</b><br>(Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>10</b> |
|--------------------------------|---|---------------------------------|
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | StEOP   |                                 |
| <b>Modulziele</b>              | Die Studierenden besitzen je nach Wahl vertiefte Kenntnisse zu Fachdisziplinen, die ihr Studium sinnvoll ergänzen.  |                                 |
| <b>Modulstruktur</b>           | Die Studierenden wählen nicht-prüfungsimmanente (npi) und/oder prüfungsimmanente (pi) Lehrveranstaltungen oder ein Modul im Ausmaß von insgesamt 10 ECTS-Punkten.<br><br><u>Wählbar sind:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aus dem Bachelorstudium Physik an der Universität Wien alle nicht absolvierten Module der Wahlmodulgruppe A sowie alle nicht absolvierten Lehrveranstaltungen oder Module der Pflichtmodulgruppe C und der Wahlmodulgruppe B.</li> <li>- Lehrveranstaltungen aus Bachelor-Curricula mit technischem, mathematischem, naturwissenschaftlichem oder Informatik-Bezug. Die für dieses Modul wählbaren Lehrveranstaltungen, werden von der Studienprogramm-leitung Physik im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.</li> </ul> |                                 |
| <b>Leistungsnachweis</b>       | Erfolgreiche Absolvierung von im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfungen (npi) und/oder prüfungsimmanenten Lehrveranstaltungen (pi) oder einer schriftlichen Modulprüfung (insgesamt 10 ECTS).   |                                 |
| <b>Sprache</b>                 | Deutsch oder Englisch   |                                 |

| <b>BACHSE</b>                  | <b>Bachelorseminar</b><br>(Pflichtmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | StEOP, Absolvierung von insgesamt mindestens 90 ECTS-Punkten aus den Pflichtmodulgruppen A-C des Bachelorstudiums Physik.  |                                |
| <b>Modulziele</b>              | Das Bachelorseminar fördert die Fähigkeit zur selbständigen Erarbeitung physikalischer Inhalte, sowie zur Präsentation der erhaltenen Resultate sowohl in mündlicher als auch in schriftlicher Form. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>           | SE: 7 ECTS, 1 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>       | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                 | Deutsch oder Englisch  |                                |

### (2.3) Pflichtmodulgruppe C:

**5 ECTS-Punkte**

Aus der Pflichtmodulgruppe C ist eines der beiden alternativen Pflichtmodule im Ausmaß von 5 ECTS-Punkten verpflichtend zu wählen.

| <b>SCICOM</b>                  | <b>Scientific Computing</b><br>(alternatives Pflichtmodul) | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>5</b> |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | StEOP  |                                |

|   |  |
|---|--|
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | PROG   |
| <b>Modulziele</b>                         | Die Studierenden beherrschen Methoden zur numerischen Analyse und Lösung physikalischer Probleme und haben Kenntnisse und Fertigkeiten zum selbständigen Lösen unter Verwendung des Computers erlernt.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Numerische Methoden zur Lösung linearer Gleichungssysteme, nichtlinearer Gleichungen, Eigenwertprobleme, Ausgleichsrechnung, Interpolation, numerische Differentiation und Integration, gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen.<br><br>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft. |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 3 ECTS, 2 SSt. (npi)<br>PUE: 2 ECTS, 1 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (5 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |

|                                |  |                                |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>DSC</b>                     | <b>Data Science for Physicists</b><br>(alternatives Pflichtmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>5</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b> | StEOP  |                                |
| <b>Modulziele</b>              | Die Studierenden beherrschen grundlegende Fertigkeiten des computer-gestützten wissenschaftlichen Arbeitens in experimenteller und theoretischer Physik sowie Computational Physics.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>UNIX/Linux Betriebssysteme, Mathematica, Python und weitere Programmiersprachen zum Einsatz in der Datenanalyse, Datenauswertung und Visualisierung. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>           | VU: 5 ECTS, 3 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>       | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (5 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                 | Deutsch oder Englisch  |                                |

**(2.4) Wahlmodulgruppe A:**

**14 ECTS-Punkte**

Aus der Wahlmodulgruppe A (WPF 1 bis 9) sind 2 Module zu absolvieren.

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>WPF 1</b>                              | <b>Computational Physics</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | PROG, SCICOM  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende haben Kenntnisse über die Konzepte und Methoden der Computational Physics und können diese auf fachspezifische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von fachspezifischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Fourier Transformationen und Spektralanalyse, Verfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen, iterative Verfahren zur Lösung großer Gleichungssysteme, Monte Carlo Methoden in statistischer Physik sowie Variationsverfahren für quantenmechanische Probleme. |                                |

|                          |  |
|--------------------------|--|
|                          | Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft. |
| <b>Modulstruktur</b>     | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch  |

|   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| <b>WPF 2</b>                              | <b>Klassische- und Quantenoptik</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br>7 |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                         |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E III   |                         |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben Kenntnisse über Konzepte und Modelle der Klassischen- und Quantenoptik und können diese auf fachspezifische physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von fachspezifischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u><br/>                     Kohärenztheorie, Interferometertypen: Mach-Zehnder, Sagnac, Michelson und Franson, Interferenz an dünnen Schichten und dielektrische Spiegel, Fourieroptik, Kirchhoff-Fresnel Beugungstheorie, Gaußoptik, Matrixoptik (Strahlen und Gauß), Lineare und nichtlineare Optik, Polarisationsoptik: Wellenplatten, Polarisatoren, Jones und Stokes Formalismus, Cavityphysik und Stabilisierungsmethoden, Laserphysik, Erzeugung von verschränkten Photonen, Parametric down conversion, Einzelphotonquellen Einzelphotonendetektion, Bell-Experiment, Bell-Zustände</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> |                         |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)   |                         |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)  |                         |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                         |

|   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| <b>WPF 3</b>                              | <b>Quanteninformation</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br>7 |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                         |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | T III   |                         |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben Kenntnisse über grundlegende Konzepte und Modelle der Quanteninformation und können diese auf fachspezifische physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von fachspezifischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u><br/>                     Reine/gemischte Quantenzustände, Blochkugel in höheren Dimensionen, Geometrien von Hilbert-Schmidt Räumen, verallgemeinerte Messungen (POVM), Kraus-Operatoren, Choi-Jamiolkowski Isomorphism, Separable/ verschränkte Zustände, Separabilitätskriterien, Bell Ungleichungen, Vielteilchen-Verschränkung, Quantenteleportation, Quantenkryptographie, Super Dense Coding, offene Quantensysteme und Dekohärenz,</p> |                         |

|                          |  |
|--------------------------|--|
|                          | Quantum Communication Complexity, Quantengatter, Schaltkreise, Algorithmen: Deutsch-Josza, Einführung in die Quantenfehlerkorrektur.<br><br>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft. |
| <b>Modulstruktur</b>     | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch  |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>WPF 4</b>                              | <b>Advanced Materials</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E IV   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende haben Kenntnisse über Konzepte, Modelle und Methoden aus dem Bereich Advanced Materials und können diese auf fachspezifische physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von fachspezifischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Eine Auswahl von Vertiefungsthemen aus der Festkörperphysik: Halbleiter, Niedrigdimensionale Materialien, Supraleitung, Biomaterialien, magnetische Nanostrukturen, optische Materialien, Multiferroika.<br><br>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                                |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>WPF 5</b>                              | <b>Nanotechnologie: Konzepte, Methoden, Materialien</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E IV  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende haben Kenntnisse über Konzepte, Methoden und Materialien aus dem Bereich Nanotechnologie und können diese auf fachspezifische physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von fachspezifischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Eine Auswahl von Vertiefungsthemen aus der Festkörperphysik: Nanostrukturierung, Quantentransport, Modellierung von Materialien und Nanostrukturen, Kleinwinkelstreuung, Holographie, Elektronenmikroskopie, optische Spektroskopie, sonstige Streumethoden. |                                |



|                          |  |
|--------------------------|--|
|                          | Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft. |
| <b>Modulstruktur</b>     | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch  |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>WPF 6</b>                              | <b>Einführung in die Teilchenphysik</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LINALG, ANA I-III, T I-III   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende erwerben grundlegende Kenntnisse über die Konzepte und Modelle der Teilchenphysik und können diese auf unterschiedliche Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung im Bereich der theoretischen bzw. mathematischen Physik erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u><br/>Phänomenologische Grundlagen und die wichtigsten theoretischen Konzepte der Teilchenphysik: Geschichte der Elementarteilchenphysik; elektromagnetische Kraft, schwache und starke Kernkräfte; relativistische Kinematik; Symmetrien; Berechnung von Zerfallsraten und Wirkungsquerschnitten; Konzept der Feynman-Regeln; relativistische Quantenmechanik; Grundlagen der Quantenelektrodynamik.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                                |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>WPF 7</b>                              | <b>Einführung in die Relativitätstheorie</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LINALG, ANA I-III, T I-II  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende erwerben Kenntnisse über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie und können diese auf unterschiedliche Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von mathematischen Werkzeugen zur Problemlösung im Bereich der theoretischen bzw. mathematischen Physik erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u><br/>Spezielle Relativitätstheorie, Lorentz'sche Geometrie, Tensorrechnung, Elemente relativistischer Feldtheorie, Einführung in die allgemeine Relativitätstheorie.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> |                                |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Modulstruktur</b>     | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi) |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)  |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch   |

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| <b>WPF 8</b>                              | <b>Einführung in die Kernphysik</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br>7 |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP  |                         |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E III  |                         |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben Kenntnisse über Konzepte, Modelle und Methoden aus dem Bereich Kernphysik und können diese auf fachspezifische physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von fachspezifischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u><br/>                     Quantenmechanische Behandlung der Kernmodelle (Fermigas, Schalenmodell), quantenfeldtheoretische Ansätze zur Beschreibung von Teilchen, Radioaktive Zerfälle, Interaktion von Strahlung mit Materie, Umweltradioaktivität, Dosimetrie, schwache Wechselwirkung, Neutrinophysik.</p> <p>Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.</p> |                         |
| <b>Modulstruktur</b>                      | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |                         |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)   |                         |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                         |

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| <b>WPF 9</b>                              | <b>Aerosolphysik</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br>7 |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP  |                         |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | E II   |                         |
| <b>Modulziele</b>                         | <p>Studierende haben Kenntnisse über grundlegende Konzepte, Modelle und Methoden aus dem Bereich Aerosolphysik und können diese auf fachspezifische physikalische Problemstellungen anwenden. Sie haben hierzu Fertigkeiten im Anwenden von fachspezifischen Werkzeugen zur Problemlösung erworben.</p> <p><u>Die Inhalte umfassen:</u><br/>                     Eine Auswahl von: Allgemeine Einführung (Definitionen, Größenbereich, Feinstaub, Wirkung); Eigenschaften von Gasen, Physik disperser Systeme, Grundlagen der Aerosolstatistik, Aerosolmechanik (Brown'sche Bewegung, Teilchenmobilität, Diffusion, Trägheitsabscheidung, Filtration, Lungenabscheidung); Elektrische Partikeleigenschaften (Ladungsmechanismen, elektrische Mobilität); Thermodynamische Eigenschaften von Aerosolpartikeln (Nukleation und Kondensation, Nanoteilchen, Wolkenbildung); Aerosloptik (Wechselwirkung von Licht mit Teilchen, Streuung, Absorption, Extinktion); Atmosphärisches Aerosol (Quellen, Senken, Trends, Effekte) und Messmethoden.</p> |                         |

|                          |  |
|--------------------------|--|
|                          | Die in der prüfungsvorbereitenden Übung vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft. |
| <b>Modulstruktur</b>     | <u>Zur Vorbereitung auf die Modulprüfung:</u><br>VO: 4 ECTS, 3 SSt. (npi)<br>PUE: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Schriftliche Modulprüfung (7 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch  |

**(2.5) Wahlmodulgruppe B:**

**7 ECTS-Punkte**

Aus der Wahlmodulgruppe B (WLP 1 bis 10) ist genau ein Laborpraktikum zu absolvieren. Voraussetzung dafür ist die Absolvierung von 90 ECTS-Punkten inklusive des Moduls EEA „Einführung in das experimentelle Arbeiten“ aus dem Bachelorstudium Physik.

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>WLP 1</b>                              | <b>Laborpraktikum: Computational Statistical Mechanics</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II, WPF 1, T I, T IV   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen in diesem Praktikum ihre Kenntnisse und Fertigkeiten über numerische Algorithmen und Visualisierung und verwenden diese, um physikalische Fragestellungen am Computer zu behandeln.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Lösen von gewöhnlichen Differentialgleichungen (chaotische dynamische Systeme, molekuldynamische Simulationen), partieller Differentialgleichungen (Diffusionsgleichung, Schrödingergleichung, Eigenwertprobleme) und stochastische Prozesse (Monte-Carlo Simulationen, Langevin-gleichung). |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)   |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                                |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>WLP 2</b>                              | <b>Laborpraktikum: Computational Quantum Mechanics</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II, T III, E IV   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen in diesem Praktikum ihre Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der computergestützten Materialphysik.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Einführung in die Simulation von quantenmechanischen Vielelektronensystemen mit dem Schwerpunkt Festkörperphysik und Materialphysik; Fundamentale Materialeigenschaften, wie die elektronische Bandstruktur, effektive Kräfte zwischen den Teilchen, Schwingungseigenschaften, mechanische Eigenschaften, thermodynamische Eigenschaften werden mit Computersimulationen berechnet, visualisiert und analysiert. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                                |

|   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| <b>WLP 3</b>                              | <b>Laborpraktikum: Klassische- und Quantenoptik</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br>7 |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA  |                         |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II, WPF 2  |                         |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen in diesem Praktikum ihre Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der klassischen- und Quantenoptik.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Experimente der fortgeschrittenen Optik und elementaren Quantenoptik, z.B. Laser, optische Interferometer, Einzelphotonen, Experimente zur Photonenkorrelation und Kohärenz, interferometrische Sensoren, Polarisationsoptik. |                         |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)   |                         |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)  |                         |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                         |

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| <b>WLP 4</b>                              | <b>Laborpraktikum: Advanced Materials</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br>7 |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA   |                         |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II, WPF 4 (Der Besuch dieses Moduls im selben Semester wird dringend empfohlen!)  |                         |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen in diesem Praktikum ihre Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich Advanced Materials.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Eine Auswahl von verschiedenen Vertiefungsthemen aus der Festkörperphysik: Halbleiter, Niedrigdimensionale Materialien, Supraleitung, Biomaterialien, magnetische Nanostrukturen, optische Materialien, Multiferroika.<br>Das Laborpraktikum ist abgestimmt auf das Wahlmodul WPF 4 „Advanced Materials“. |                         |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)  |                         |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)   |                         |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                         |

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| <b>WLP 5</b>                              | <b>Laborpraktikum: Nanotechnologie: Konzepte, Methoden, Materialien</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br>7 |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA   |                         |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II, WPF 5 (Der Besuch dieses Moduls im selben Semester wird dringend empfohlen!)  |                         |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen in diesem Praktikum ihre Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich Nanotechnologie: Konzepte, Methoden, Materialien.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Eine Auswahl von verschiedenen Vertiefungsthemen aus der Festkörperphysik: Nanostrukturierung, Quantentransport, Modellierung von Materialien und Nanostrukturen, Kleinwinkelstreuung, Holographie, Elektronenmikroskopie, optische Spektroskopie, sonstige Streumethoden.<br>Das Laborpraktikum ist abgestimmt auf das Wahlmodul WPF 5 „Nanotechnologie: Konzepte, Methoden, Materialien“. |                         |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Modulstruktur</b>     | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)                            |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS) |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch                              |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>WLP 6</b>                              | <b>Laborpraktikum: Kernphysik</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II, E III  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen in diesem Praktikum ihre Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der Kernphysik.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Kennenlernen von grundlegenden Phänomenen und Anwendungen der Alpha-, Beta-, und Gamma-Radioaktivität und von messtechnischen Methoden der Kernphysik; Auswertung, Interpretation und Präsentation der Messergebnisse. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)   |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                                |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>WLP 7</b>                              | <b>Laborpraktikum: Aerosolphysik</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II, WPF 9  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen in diesem Praktikum ihre Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der Aerosolphysik.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Eine Auswahl von Messmethoden aus dem Bereich der Aerosolphysik: Kondensationskernzähler, Differentieller Mobilitätsanalysator, Optisches Spektrometer, Rohrleitungsverluste, Impaktor, Abscheidung in der Lunge, Bildung von sekundären Aerosolen oder atmosphärische Optik. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)   |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)  |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch   |                                |

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
| <b>WLP 8</b>                              | <b>Laborpraktikum: Grundlagen der Elektronik für ExperimentalphysikerInnen</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA  |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II   |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen in diesem Praktikum ihre grundlegenden Kenntnisse zu Konzepten und Methoden der Schaltungstechnik und ihren Einsatz in der physikalischen Messtechnik.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Laborspannungsquellen, Signalgenerator, Oszilloskop, Spannungsteiler, Messgeräte (Limitierungen von Geräten, Impedanzen, Störungen und Rauschen, Signallaufzeiten und -verzerrungen); passive Bauelemente (Kapazitäten, Dioden, Frequenzgang und Filter, Kennlinien, Grenzwerte); |                                |

|                          |  |
|--------------------------|--|
|                          | Operationsverstärker (Verstärkung und Rückkopplung, Ein- und Ausgangsimpedanz, Betriebsspannungen, Vierpoltheorie, modulares Schaltungsdesign); Transistoren (Kennlinien und Grundsaltungen, Temperatureffekte, Arbeitspunkte, Leistungsverstärkung); Sensoren (Temperatur, Druck, Helligkeit); lineare Signalverarbeitung; Digitalelektronik. Die erworbenen Kenntnisse ermöglichen den Studierenden, Publikationen auf dem Gebiet der Schaltungstechnik zu lesen und in ihrer physikalischen Forschungspraxis einzusetzen. |
| <b>Modulstruktur</b>     | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)  |
| <b>Leistungsnachweis</b> | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)   |
| <b>Sprache</b>           | Deutsch oder Englisch  |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>WLP 9</b>                              | <b>Laborpraktikum: Elektronische Messwertfassung und Laborautomatisierung</b><br>(Wahlmodul)   | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende erwerben in diesem Praktikum einen Einblick zu Konzepten und Methoden der Steuerung von physikalischen Experimenten und die Datenaufnahme mittels Microcomputer.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Programmieren; Hardwareprogrammierung; Digitalisierung von Signalen: ADCs und DACs; Moderne Bauteil-Schnittstellen; Grafische Benutzeroberfläche und Gerätesteuerung; Regeltechnik und Störsicherheit von Sensorsignalen; Aktoren. |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                                |

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>WLP 10</b>                             | <b>Laborpraktikum: Theoretische Physik</b><br>(Wahlmodul)  | <b>ECTS-Punkte</b><br><b>7</b> |
| <b>Teilnahme-voraussetzung</b>            | StEOP, EEA   |                                |
| <b>Empfohlene Teilnahme-voraussetzung</b> | LP I, LP II, LINALG, ANA I-III, T I-III  |                                |
| <b>Modulziele</b>                         | Studierende vertiefen und erweitern in diesem Praktikum ihre Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der Theoretischen Physik.<br><br><u>Die Inhalte umfassen:</u><br>Eine Auswahl von: Fortgeschrittene Themen der Quantenmechanik und Klassischen Mechanik; Theoretische Fragestellungen der Teilchenphysik und der Festkörperphysik; Mathematische Strukturen und Methoden (Gruppentheorie, Geometrie) |                                |
| <b>Modulstruktur</b>                      | LP: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)  |                                |
| <b>Leistungsnachweis</b>                  | Positiver Abschluss der Lehrveranstaltung (7 ECTS)   |                                |
| <b>Sprache</b>                            | Deutsch oder Englisch  |                                |

## § 6 Bachelorarbeiten

Die Bachelorarbeit ist im Rahmen der Lehrveranstaltung Bachelorseminar im Modul „Bachelorseminar“ zu verfassen.

## § 7 Mobilität im Bachelorstudium

Studierende können Studienleistungen im Ausland absolvieren. Die Anerkennung der im Ausland absolvierten Studienleistungen erfolgt durch das studienrechtlich zuständige Organ

## § 8 Einteilung der Lehrveranstaltungstypen

(1) Für nicht-prüfungsimmanente (npi) Lehrveranstaltungen werden folgende Lehrveranstaltungstypen festgelegt:

**Vorlesungen (VO) [nicht-prüfungsimmanent]** dienen der Wissensvermittlung hauptsächlich durch Vortrag der/des Lehrenden, der mit interaktiven Elementen verbunden und auf Verständnisfragen eingegangen werden kann. Der Lehrinhalt muss außerhalb der Lehrveranstaltungszeit durch Selbststudium vertieft werden, wobei es Anleitungen zum Selbststudium und/oder Ergänzungsliteratur gibt, um ein kontinuierliches und vertiefendes Lernen zu fördern. Der Leistungsnachweis erfolgt bei Vorlesungen durch Ablegung einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung.

(2) Prüfungsimmanente (pi) Lehrveranstaltungen werden als folgende Lehrveranstaltungstypen angeboten:

**Vorlesungen verbunden mit Übungen (VU) [prüfungsimmanent]** verbinden die Vermittlung von Fach- und/oder Methodenwissen im Vorlesungsteil mit der Anwendung im Übungsteil. Eine VU entspricht einer Vorlesung (VO) mit begleitenden Übungen, wobei die zeitliche Abfolge zwischen vorlesungsartigen und übungsartigen Teilen von dem/der Lehrenden je nach Bedarf vorgenommen werden kann. Vorlesungs- und Übungsteil müssen gemeinsam abgeschlossen werden. Für das Erlangen der mit einer VU verbundenen Studienziele ist auch Selbststudium außerhalb der Lehrveranstaltungszeit erforderlich. Der Leistungsnachweis erfolgt auf Grund mehrerer schriftlicher oder mündlicher, während der Lehrveranstaltung erbrachter Teilleistungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer oder über die Durchführung und Abgabe selbstständig bearbeiteter Arbeitsaufgaben sowie einer Abschlussprüfung in schriftlicher oder mündlicher Form.

**Übungen (UE) [prüfungsimmanent]** dienen der Anwendung von bereits erworbenem Wissen sowie der Einübung von Fertigkeiten, die für die Beherrschung des Lehrstoffes benötigt werden. Dies geschieht an Hand von selbständigem Arbeiten oder Teamarbeit der Studierenden an konkreten Aufgaben und Problemstellungen. Die Studierenden werden in kleinen Gruppen betreut, wobei die Leiterin oder der Leiter eine überwiegend anleitende und kontrollierende Tätigkeit ausübt und eine ausgeprägte Feedback-Kultur umsetzt. Für den Leistungsnachweis werden mehrere unabhängige schriftliche oder mündliche Teilleistungsfeststellungen herangezogen. Die Anwesenheit bei den LV-Terminen alleine kann lediglich als Mindestkriterium für die positive Beurteilung, nicht aber zur Leistungsfeststellung selbst herangezogen werden.

**Prüfungsvorbereitende Übungen (PUE) [prüfungsimmanent]** dienen der Anwendung von bereits erworbenem Wissen sowie der Einübung von Fertigkeiten, die für die Beherrschung des Lehrstoffes benötigt werden. Dies geschieht an Hand von selbständigem Arbeiten oder Teamarbeit der Studierenden an konkreten Aufgaben und Problemstellungen. Die Studierenden werden in kleinen Gruppen betreut, wobei die Leiterin oder der Leiter eine überwiegend anleitende und kontrollierende Tätigkeit ausübt und eine ausgeprägte Feedback-Kultur umsetzt. PUEs dienen der Vorbereitung auf die Modulprüfung und werden mit prüfungsimmanentem Charakter abgehalten. Die dafür angegebenen ECTS-Punkte sind nicht Teil des Leistungsumfangs des Bachelorstudiums von 180 ECTS-Punkten. Der für die Module erforderliche Leistungsnachweis wird durch die Absolvierung der Modulprüfung erbracht. Die in den prüfungsvorbereitenden Übungen vermittelten Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.

**Prüfungsvorbereitende Vorlesungen verbunden mit Übungen (PVU) [prüfungsimmanent]** dienen der Vorbereitung auf die Modulprüfung und werden mit prüfungsimmanentem Charakter abgehalten. Die dafür angegebenen ECTS-Punkte sind nicht Teil des Leistungsumfangs des Bachelorstudiums von 180 ECTS-Punkten. Der für die Module erforderliche Leistungsnachweis wird durch die Absolvierung der Modulprüfung erbracht. Die in den prüfungsvorbereitenden Vorlesungen verbunden mit Übungen vermittelten Fertigkeiten sind zentraler Bestandteil der Modulziele und werden in der Modulprüfung inhärent überprüft.

**Seminare (SE) [prüfungsimmanent]** dienen der Anleitung zur selbständigen Behandlung und Diskussion wissenschaftlicher Fragestellungen unter Einbeziehung von aktueller Fachliteratur. In einem Seminar sollen Studierende die Fähigkeit erlangen, durch Studium von Fachliteratur und Datenquellen detaillierte Kenntnisse zu physikalischen Problemen zu gewinnen und in einem für Hörerinnen und Hörer verständlichen Vortrag darüber zu berichten. Die Beurteilung erfolgt auf Grund mehrerer schriftlicher oder mündlicher, während der Lehrveranstaltung erbrachter Leistungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

Im Rahmen des **Bachelorseminars** wird einerseits die Bachelorarbeit verfasst, andererseits werden die Resultate mündlich in Form von Vorträgen präsentiert. Das Bachelorseminar wird üblicherweise von mehreren Lehrenden gemeinsam angeboten. In der Anfangsphase des Bachelorseminars präsentieren die einzelnen Lehrenden einen Überblick über die von ihnen und anderen Betreuerinnen und Betreuer angebotenen Themenbereiche. Die Studierenden wählen ein Thema und werden von den jeweiligen Lehrenden bei der Erarbeitung der nötigen Inhalte bzw. bei der Bearbeitung und Analyse bereits vorhandener Daten, der Abfassung der Bachelorarbeit und der Vorbereitung des Vortrages unterstützt (oft in Einzelgesprächen). Die Ergebnisse werden von den einzelnen Studierenden in Seminarvorträgen präsentiert, die von den Lehrenden kommentiert, bewertet und nötigenfalls ergänzt werden. Zur positiven Absolvierung des Bachelorseminars sind eine positive Bewertung von Vortrag und Bachelorarbeit erforderlich, die Benotung ergibt sich aus diesen beiden Teilleistungen.

**Laborpraktika (LP) [prüfungsimmanent]** stellen eine ergänzende Form von Lehrveranstaltungen zu Vorlesungen zur Vertiefung praktischer Fertigkeiten und Kenntnisse dar. Die Beurteilung erfolgt auf Grund mehrerer schriftlicher oder mündlicher, während der Lehrveranstaltung erbrachter Leistungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

## § 9 Teilnahmebeschränkungen und Anmeldeverfahren

(1) Für die folgenden Lehrveranstaltungen gelten die hier angegebenen generellen Teilnahmebeschränkungen:

|  |     |
|--|-----|
| Laborpraktika (LP) der Pflichtmodulgruppe B                                      | 10  |
| Prüfungsvorbereitende Übungen (PUE), Übungen (UE) in der StEOP, LINALG und ANA I | 30  |
| Prüfungsvorbereitende Vorlesung verbunden mit Übung (PVU) in der StEOP           | 30  |
| Prüfungsvorbereitende Übungen (PUE) und Übungen (UE) in allen anderen Modulen    | 25  |
| Laborpraktika (LP) der Wahlmodulgruppe B (WLP 1-10)                              | 8   |
| Vorlesung verbunden mit Übung (VU) im Pflichtmodul EEA                           | 48  |
| Vorlesung verbunden mit Übung (VU) in allen anderen Modulen                      | 25  |
| Seminar „Forschung an der Fakultät für Physik“                                   | 300 |
| Bachelorseminar  | 4   |

(2) Die Modalitäten zur Anmeldung zu Lehrveranstaltungen und Prüfungen sowie zur Vergabe von Plätzen für Lehrveranstaltungen richten sich nach den Bestimmungen der Satzung.

## § 10 Prüfungsordnung

(1) Leistungsnachweis in Lehrveranstaltungen

Die Leiterin oder der Leiter einer Lehrveranstaltung hat die erforderlichen Ankündigungen gemäß den Bestimmungen der Satzung vorzunehmen.

(2) Prüfungsstoff

Der für die Vorbereitung und Abhaltung von Prüfungen maßgebliche Prüfungsstoff hat vom Umfang her dem vorgegebenen ECTS-Punkteausmaß zu entsprechen. Dies gilt auch für Modulprüfungen.

(3) Prüfungsverfahren

Für das Prüfungsverfahren gelten die Regelungen der Satzung.



(4) Erbrachte Prüfungsleistungen sind mit dem angekündigten ECTS-Wert dem entsprechenden Modul zuzuordnen, eine Aufteilung auf mehrere Leistungsnachweise ist unzulässig.

(5) Verbot der Doppelverwendung

Lehrveranstaltungen und Prüfungen, die bereits für ein anderes Pflicht- oder Wahlmodul dieses Studiums absolviert wurden, können in einem anderen Modul desselben Studiums nicht nochmals verwendet werden. Dies gilt auch bei Anerkennungsverfahren.

## § 11 Inkrafttreten

Dieses Curriculum tritt nach der Kundmachung im Mitteilungsblatt der Universität Wien mit 1. Oktober 2018 in Kraft.

## § 12 Übergangsbestimmungen

(1) Dieses Curriculum gilt für alle Studierenden, die ab Wintersemester 2018/19 das Studium beginnen.

(2) Wenn im späteren Verlauf des Studiums Lehrveranstaltungen, die auf Grund der ursprünglichen Studienpläne bzw. Curricula verpflichtend vorgeschrieben waren, nicht mehr angeboten werden, hat das nach den Organisationsvorschriften der Universität Wien studienrechtlich zuständige Organ von Amts wegen (Äquivalenzverordnung) oder auf Antrag der oder des Studierenden festzustellen, welche Lehrveranstaltungen und Prüfungen anstelle dieser Lehrveranstaltungen zu absolvieren sind.

(3) Studierende, die vor diesem Zeitpunkt das Studium begonnen haben, können sich jederzeit durch eine einfache Erklärung freiwillig den Bestimmungen dieses Curriculums unterstellen.

(4) Studierende, die zum Zeitpunkt des Inkrafttretens dieses Curriculums dem vor Erlassung dieses Curriculums gültigen Bachelorcurriculum Physik (MBL vom 29.06.2011, 26. Stück, Nr. 214) unterstellt waren, sind berechtigt, ihr Studium bis längstens 30.11.2021 abzuschließen.

(5) Das nach den Organisationsvorschriften studienrechtlich zuständige Organ ist berechtigt, generell oder im Einzelfall festzulegen, welche der absolvierten Lehrveranstaltungen und Prüfungen für dieses Curriculum anzuerkennen sind.

## Anhang:

### Semesterplan für das Bachelorstudium Physik

Um das Bachelorstudium Physik in der vorgesehenen Zeit absolvieren zu können, wird den Studierenden empfohlen, sich an folgendem Semesterplan zu orientieren.

| 30 ECTS  | 29 ECTS  | 30 ECTS                                | 31 ECTS  | 30 ECTS   | 30 ECTS                       |
|--|--|--|--|---|-------------------------------|
| <b>STEOP 1:</b><br>Experimental-physik I:<br>Klass. Mech. & Thermodyn. | Experimental-physik II:<br>Optik & Elektrodyn. | Theoretische Physik II:<br>Elektrodyn. | Experimental-physik III:<br>Quantenoptik, Atom- & Kernphysik | Experimental-physik IV:<br>Kondensierte Materie     | Wahlmodule                    |
| <b>STEOP 2:</b><br>Einführung in die physikal. Rechenmethod.           | Theoretische Physik I:<br>Klassische Mechanik  | Labor-praktikum I                      | Theoretische Physik III:<br>Quantenmechanik                  | Theoretische Physik IV:<br>Thermodyn. & Stat. Phys. |                               |
| Lineare Algebra  | Einführung in das exp. Arbeiten                | Programmieren für PhysikerInnen        | Labor-praktikum II   | Wahlmodule  | Wahlmodul:<br>Labor-praktikum |
| Analysis I   | Analysis II                                    | Analysis III                           |  |   | Ergänzungen/<br>Soft Skills   |

|  |  |  |   |                             |                      |
|--|--|--|---|-----------------------------|----------------------|
|  |  | Forschung an<br>der Fakultät<br>für Physik | Scientific<br>Computing /<br>Data Science | Ergänzungen/<br>Soft Skills | Bachelor-<br>seminar |
|--|--|--|---|-----------------------------|----------------------|

Englische Übersetzung der Titel der Module:

| <b>Deutsch</b>  | <b>English</b>  |
|---|---|
| Experimentalphysik I: Klassische Mechanik und Thermodynamik (Pflichtmodul)      | Experimental Physics I: Classical Mechanics and Thermodynamics (compulsory module)            |
| Einführung in die physikalischen Rechenmethoden (Pflichtmodul)                  | Introduction to Calculus (compulsory module)  |
| Lineare Algebra für PhysikerInnen (Pflichtmodul)                                | Linear Algebra for Physicists (compulsory module)   |
| Analysis für PhysikerInnen I (Pflichtmodul)                                     | Analysis for Physicists I (compulsory module)   |
| Experimentalphysik II: Optik, Elektromagnetismus und Relativität (Pflichtmodul) | Experimental Physics II: Optics, Electromagnetism and Relativity (compulsory module)          |
| Theoretische Physik I: Klassische Mechanik (Pflichtmodul)                       | Theoretical Physics I: Classical Mechanics (compulsory module)                                |
| Einführung in das experimentelle Arbeiten (Pflichtmodul)                        | Introduction to Experimental Work (compulsory module)   |
| Analysis für PhysikerInnen II (Pflichtmodul)                                    | Analysis for Physicists II (compulsory module)  |
| Theoretische Physik II: Elektrodynamik (Pflichtmodul)                           | Theoretical Physics II: Electrodynamics (compulsory module)                                   |
| Laborpraktikum I (Pflichtmodul)   | Introductory Physics Lab Course I (compulsory module)   |
| Programmieren für PhysikerInnen (Pflichtmodul)                                  | Programming for Physicists (compulsory module)  |
| Analysis für PhysikerInnen III (Pflichtmodul)                                   | Analysis for Physicists III (compulsory module)   |
| Forschung an der Fakultät für Physik  | Research at the Faculty of Physics (compulsory module)  |
| Experimentalphysik III: Quantenmechanik, Atom- und Kernphysik (Pflichtmodul)    | Experimental Physics III: Quantum Mechanics, Atomic - and Nuclear Physics (compulsory module) |
| Theoretische Physik III: Quantenmechanik (Pflichtmodul)                         | Theoretical Physics III: Quantum Mechanics (compulsory module)                                |
| Laborpraktikum II (Pflichtmodul)  | Introductory Physics Lab Course II (compulsory module)  |
| Experimentalphysik IV: Kondensierte Materie (Pflichtmodul)                      | Experimental Physics IV: Condensed Matter (compulsory module)                                 |
| Theoretische Physik IV: Thermodynamik und Statistische Physik (Pflichtmodul)    | Theoretical Physics IV: Thermodynamics and Statistical Physics (compulsory module)            |
| Soft Skills (Pflichtmodul)  | Soft Skills (compulsory module)   |
| Ergänzung (Pflichtmodul)  | Extension (compulsory module)   |
| Bachelorseminar (Pflichtmodul)  | Bachelor's Seminar (compulsory module)  |
| Scientific Computing (alternatives Pflichtmodul)                                | Scientific Computing (alternative compulsory module)  |
| Data Science for Physicists (alternatives Pflichtmodul)                         | Data Science for Physicists (alternative compulsory module)                                   |
| Computational Physics (Wahlmodul)   | Computational Physics (elective module)   |
| Klassische- und Quantenoptik (Wahlmodul)  | Classical and Quantum Optics (elective module)  |
| Quanteninformatik (Wahlmodul)   | Quantum Information (elective module)   |
| Advanced Materials (Wahlmodul)  | Advanced Materials (elective module)  |
| Nanotechnologie: Konzepte, Methoden, Materialien (Wahlmodul)                    | Nanotechnology: Concepts, Methods, Materials (elective module)                                |
| Einführung in die Teilchenphysik (Wahlmodul)                                    | Introduction to Particle Physics (elective module)  |
| Einführung in die Relativitätstheorie (Wahlmodul)                               | Introduction to Theory of Relativity (elective module)  |

|   |  |
|---|--|
| Einführung in die Kernphysik (Wahlmodul)  | Introduction to Nuclear Physics (elective module)  |
| Aerosolphysik (Wahlmodul)   | Aerosol Physics (elective module)  |
| Laborpraktikum: Computational Statistical Mechanics (Wahlmodul)                       | Lab-Course: Computational Statistical Mechanics (elective module)                          |
| Laborpraktikum: Computational Quantum Mechanics (Wahlmodul)                           | Lab-Course: Computational Quantum Mechanics (elective module)                              |
| Laborpraktikum: Klassische- und Quantenoptik (Wahlmodul)                              | Lab-Course: Classical and Quantum Optics (elective module)                                 |
| Laborpraktikum: Advanced Materials (Wahlmodul)  | Lab-Course: Advanced Materials (elective module)   |
| Laborpraktikum: Nanotechnologie: Konzepte, Methoden, Materialien (Wahlmodul)          | Lab-Course: Nanotechnology: Concepts, Methods, Materials (elective module)                 |
| Laborpraktikum: Kernphysik (Wahlmodul)  | Lab-Course: Nuclear Physics (elective module)  |
| Laborpraktikum: Aerosolphysik (Wahlmodul)   | Lab-Course: Aerosol Physics (elective module)  |
| Laborpraktikum: Grundlagen der Elektronik für ExperimentalphysikerInnen (Wahlmodul)   | Lab-Course: Introductory Electronics Lab Course for Experimental Physics (elective module) |
| Laborpraktikum: Elektronische Messwert-erfassung und Laborautomatisierung (Wahlmodul) | Lab-Course: Electronic Data Acquisition and Automation in Laboratories (elective module)   |
| Laborpraktikum: Theoretische Physik (Wahlmodul)                                       | Lab-Course: Theoretical Physics (elective module)  |