



# Mitteilung

**Studienjahr 2025/2026 - Ausgegeben am 07.04.2026 - Nummer 149**

Sämtliche Funktionsbezeichnungen sind geschlechtsneutral zu verstehen.

## Curricula

### **149 Curriculum für das Bachelorstudium Physik (Version 2026)**

Englische Übersetzung: Bachelor's programme in Physics

Der Senat hat in seiner Sitzung am 26. März 2026 das von der gemäß § 25 Abs 8 Z 3 und Abs 1 Z 10a des Universitätsgesetzes 2002 eingerichteten entscheidungsbefugten Curricularkommission am 16. März 2026 beschlossene Curriculum für das Bachelorstudium Physik (Version 2026) in der nachfolgenden Fassung genehmigt.

Rechtsgrundlagen sind das Universitätsgesetz 2002 und der Studienrechtliche Teil der Satzung der Universität Wien in der jeweils geltenden Fassung.

#### **§ 1 Studienziele und Qualifikationsprofil**

(1) Das Ziel des Bachelorstudiums Physik an der Universität Wien ist, den Studierenden eine wissenschaftlich fundierte Grundausbildung auf dem Gebiet der Physik und ihrer Anwendungen zu vermitteln, die dem aktuellen Stand der Forschung im jeweiligen Fachbereich entspricht. Das Curriculum umfasst die zentralen Teilgebiete der Physik wie klassische Mechanik, Elektrodynamik und Optik, Quantenmechanik, Thermodynamik und statistische Physik, Physik der kondensierten Materie, spezielle Relativitätstheorie, Kern- und Teilchenphysik, Isotopenphysik, Aerosol- und Umweltp Physik sowie deren Beziehungen zueinander. Eine besondere Stärke dieses Studiengangs liegt in der Breite der Fachgebiete, in welchen die Studierenden grundlegende Fachkenntnisse erwerben.

(2) Die Absolvent\*innen des Bachelorstudiums Physik sind mit den wissenschaftlichen Methoden des physikalischen Experimentierens, der theoretischen, mathematischen Beschreibung und der computergestützten Modellierung physikalischer Zusammenhänge und Prozesse vertraut. Darüber hinaus verfügen sie über Erfahrung in der Anwendung fortschrittlicher digitaler Technologien, einschließlich Computer- und KI-gestützter Datenanalyse, Modellierung und Simulation mit spezialisierter Software im naturwissenschaftlich-technischen Kontext. Sie zeichnen sich durch umfassende mathematische Kompetenzen aus und beherrschen deren Anwendung zur Lösung physikalischer Problemstellungen.

Durch die fundierte wissenschaftliche Ausbildung im Bachelorstudium Physik erlangen die Absolvent\*innen die Fähigkeit, Wissen kritisch zu bewerten und auf der Grundlage quantitativer Daten sowie evidenzbasierter Ansätze fundierte Argumente zu entwickeln und zu kommunizieren. Sie sind sich der ethischen Verantwortung der Wissenschaft bewusst und können physikalisches Wissen im Kontext gesellschaftlicher und ökologischer Herausforderungen reflektieren.

Der Kompetenzaufbau im Studium ist geprägt durch handlungsorientiertes Lernen in interaktiven und partizipativen Lernumgebungen. In praktischen Übungen vertiefen die Studierenden die für Physiker\*innen typische analytische Denkweise sowie ihre lösungsorientierte Herangehensweise an physikalische Problemstellungen. Dadurch entwickeln sie allgemein gefragte berufliche Kompetenzen: Sie sind in der Lage, auch über die Physik hinaus komplexe Problemstellungen schnell zu erfassen, Lösungsansätze strukturiert zu entwickeln und die Ergebnisse klar, nachvollziehbar und schlüssig zu dokumentieren und zu kommunizieren.

(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 bilden die Grundlage für das weiterführende Masterstudium Physik sowie für andere fachverwandte Masterstudiengänge.

(5) Um das Bachelorstudium Physik in der vorgegebenen Zeit absolvieren zu können, wird den Studierenden empfohlen, dem im Anhang tabellarisch dargestellten Semesterplan zu folgen.

## **§ 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 180 ECTS-Punkte gemäß den Bestimmungen in den Pflichtmodulen und Pflichtmodulgruppen positiv absolviert wurden. Es besteht die Möglichkeit, das Pflichtmodul „Erweiterung“ (15 ECTS-Punkte) durch ein Erweiterungscurriculum im Ausmaß von 15 ECTS-Punkten zu ersetzen, das vollständig absolviert werden muss.

## **§ 3 Zulassungsvoraussetzungen**

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

## **§ 4 Akademischer Grad**

Absolvent\*innen 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**

## (1.1.) Gliederung des Bachelorstudiums Physik

Das Bachelorstudium Physik besteht aus sechs Pflichtmodulgruppen (insgesamt 144 ECTS-Punkte), welche eine fundierte fachliche Grundausbildung in Experimentalphysik inklusive Labor, Theoretischer Physik und der dafür notwendigen Mathematik sowie Informatik darstellt. Im Rahmen von drei Pflichtmodulen (insgesamt 28 ECTS-Punkte) erweitern Studierende nach Wahl ihre fachlichen Kompetenzen in den Forschungsbereichen der Fakultät, in verwandten Fachdisziplinen, fachfremden Gebieten oder erwerben überfachliche Kompetenzen. Den Abschluss des Bachelorstudiums bildet das Pflichtmodul „Bachelorprojekt“ (8 ECTS-Punkte).

- Die Pflichtmodulgruppe „Studieneingangs- und Orientierungsphase“ (PMG-StEOP) dient zur Orientierung der Studienanfänger\*innen. Diese Pflichtmodulgruppe umfasst drei Module im Ausmaß von insgesamt 18 ECTS-Punkten. Sie vermittelt den Studierenden grundlegende physikalische Konzepte der Experimentalphysik (8 ECTS-Punkte), stellt das mathematisch-methodische Rüstzeug für weiterführende Lehrveranstaltungen in Experimental- und Theoretischer Physik bereit (8 ECTS-Punkte) und gibt in einer Orientierungsveranstaltung einen Überblick über die Forschungsgebiete und das Studieren an der Fakultät für Physik (2 ECTS-Punkte).
- Die Pflichtmodulgruppe „Mathematische Grundlagen“ (PMG-Math) im Ausmaß von 36 ECTS-Punkten erstreckt sich über die ersten drei Semester. Sie behandelt alle für das Physikstudium notwendigen Gebiete der Mathematik und vermittelt den Studierenden die inhaltlichen und methodischen Grundlagen sowie mathematische Denk- und Ausdrucksweisen.
- Die Pflichtmodulgruppe „Experimentalphysik“ (PMG-EP) im Ausmaß von 24 ECTS-Punkten ergänzt die Experimentalphysik 1 im ersten Semester im 2., 4. und 5. Semester zu einem vollständigen Kanon der Experimentalphysik.
- Die Pflichtmodulgruppe „Experimentelle Grundausbildung“ (PMG-Lab) im Ausmaß von 15 ECTS-Punkten vermittelt die methodischen Kompetenzen des selbständigen experimentellen Arbeitens.
- Die Pflichtmodulgruppe „Theoretische Physik“ (PMG-TP) im Ausmaß von 39 ECTS-Punkten umfasst in Analogie zum Kanon in Experimentalphysik eine fundierte fachliche Grundausbildung in der Theoretischen Physik. Im 6. Semester vermittelt ein weiteres Modul zu Quantenmechanik erweiterte Konzepte der Quantenphysik als Vorbereitung für weiterführende (internationale) Masterstudiengänge in Physik sowie Quantenphysik.
- Die Pflichtmodulgruppe „Grundlagen der Programmierung und Numerik“ (PMG-Prog) besteht aus zwei Pflichtmodulen im Ausmaß von je 6 ECTS-Punkten, die den Studierenden das Erlernen von Programmierkonzepten und numerischer Methoden zur Lösung physikalischer Problemstellungen sowie

eine Grundausbildung im computergestützten wissenschaftlichen Arbeiten mit Schwerpunkt auf Datenanalyse und Visualisierung ermöglicht.

- Die Pflichtmodule „Wahl – Fachbereiche“ (WFach) und „Wahl – Laborpraktikum (WLab)“ im Ausmaß von insgesamt 13 ECTS-Punkten gibt den Studierenden die Möglichkeit, sich nach eigenem Interesse in einem bis 2 Teilgebieten zu vertiefen. Insbesondere WLab dient der Vertiefung der Fertigkeiten im praktischen Arbeiten (Durchführung von Experimenten oder physikalische Fragestellungen computergestützt zu behandeln). Im Rahmen dieser Pflichtmodule bereiten die Studierenden sich auf die Abschlussphase (Pflichtmodul „Bachelorprojekt“) vor. Die Teilnahme an den Pflichtmodulen WFach und WLab erfordert den Nachweis, dass mindestens 90 ECTS-Punkte aus den sechs Pflichtmodulgruppen (inklusive des Pflichtmoduls „Grundlagen des experimentellen Arbeitens“) bereits absolviert wurden.
- Das Pflichtmodul „Erweiterung“ (EXT) im Ausmaß von 15 ECTS-Punkten kann von den Studierenden nach Wahl zur fachlichen Vertiefung, aber auch zur fachlichen Verbreiterung in verwandte Fachgebiete oder fachfremde Bereiche sowie zum Erwerb von überfachlichen Kompetenzen u.a. in den Bereichen Wissenschaftskommunikation, verantwortungsbewusste Forschung und gute wissenschaftliche Praxis, Interkulturelle- und Diversitätskompetenz sowie Coaching und Lernbegleitung von Studierenden genutzt werden.
- Abschlussphase – Pflichtmodul „Bachelorprojekt“ (BAPR) im Ausmaß von insgesamt 8 ECTS-Punkten: Für die Teilnahme am Pflichtmodul „Bachelorprojekt“ ist erforderlich, dass 90 ECTS-Punkte aus den sechs Pflichtmodulgruppen absolviert wurden.

### (1.2.) Tabelle zum Aufbau des Bachelorstudiums Physik

<b>Pflichtmodulgruppe „Studieneingangs- und Orientierungsphase“ [PMG-StEOP]</b>	<b>18 ECTS</b>
Experimentalphysik 1: Klassische Mechanik und Thermodynamik [STEOP1]	8 ECTS
Physikalische Rechenmethoden [STEOP2]	8 ECTS
Forschung und Studium in Physik [STEOP3]	2 ECTS
<b>Pflichtmodulgruppe „Mathematische Grundlagen“ [PMG-Math]</b>	<b>36 ECTS</b>
Lineare Algebra [LA]	8 ECTS
Analysis 1 [ANA1]	8 ECTS
Analysis 2 [ANA2]	8 ECTS
Analysis 3 [ANA3]	8 ECTS

Wahrscheinlichkeitstheorie & Statistik [WST]	4 ECTS
<b>Pflichtmodulgruppe „Experimentalphysik“ [PMG-EP]</b>	<b>24 ECTS</b>
Experimentalphysik 2: Optik, Elektromagnetismus, Relativität [EP2]	8 ECTS
Experimentalphysik 3: Quantenmechanik, Atom- und Kernphysik [EP3]	8 ECTS
Experimentalphysik 4: Kondensierte Materie [EP4]	8 ECTS
<b>Pflichtmodulgruppe „Experimentelle Grundausbildung“ [PMG-Lab]</b>	<b>15 ECTS</b>
Grundlagen des Experimentellen Arbeitens [GEA]	2 ECTS
Laborpraktikum 1 [LP1]	5 ECTS
Laborpraktikum 2 [LP2]	8 ECTS
<b>Pflichtmodulgruppe „Theoretische Physik“ [PMG-TP]</b>	<b>39 ECTS</b>
Theoretische Physik 1: Klassische Mechanik [TP1]	8 ECTS
Theoretische Physik 2: Elektrodynamik [TP2]	8 ECTS
Theoretische Physik 3: Quantenmechanik 1 [TP3]	8 ECTS
Theoretische Physik 4: Thermodynamik und Statistische Mechanik [TP4]	8 ECTS
Theoretische Physik 5: Quantenmechanik 2 [TP5]	7 ECTS
<b>Pflichtmodulgruppe „Programmierung und Numerik“ [PMG-Prog]</b>	<b>12 ECTS</b>
Grundlagen der Programmierung [PROG]	6 ECTS
Scientific Computing & Data Science [SCDS]	6 ECTS
<b>Pflichtmodul „Erweiterung“ [EXT]</b>	<b>15 ECTS</b>
<b>Pflichtmodul „Wahl-Fachbereiche“ [WFach]</b>	<b>7 ECTS</b>
<b>Pflichtmodul „Wahllaborpraktikum [WLab]“</b>	<b>6 ECTS</b>
<b>Pflichtmodul „Bachelorprojekt“ [BAPR]</b>	<b>8 ECTS</b>
<b>Summe</b>	<b>180 ECTS</b>

## (2) Modulbeschreibungen

### a) Pflichtmodulgruppe „Studieneingangs- und Orientierungsphase“ (PMG-StEOP):

STEOP1	Experimentalphysik 1: Klassische Mechanik und Thermodynamik (Pflichtmodul)	8 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	keine	

<p><b>Modulziele</b></p>	<p>Studierende erwerben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle der klassischen Mechanik und Thermodynamik unterstützt durch die Veranschaulichung mit Experimenten. Sie festigen ihr Wissen, indem sie verschiedene Methoden und deren Anwendung zur Lösung unterschiedlicher physikalischer Problemstellungen aus dem Stoffgebiet erlernen. Sie entwickeln Fertigkeiten in der Anwendung von mathematischen Methoden zur Problemlösung und Interpretation der mathematischen Ergebnisse im Kontext der physikalischen Problemstellung.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanik von Massenpunkten und von starren Körpern,</li> <li>• Mechanik von festen Körpern (Elastizitätslehre) und Fluiden,</li> <li>• Schwingungen und Wellen,</li> <li>• Grundlagen der Thermodynamik, Hauptsätze der Thermodynamik.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bewegung eines Massenpunktes, starrer und elastischer Körper sowie eines Fluids quantitativ in geeigneten Bezugssystemen zu beschreiben,</li> <li>• einfache Bewegungsgleichungen aufzustellen und zu lösen,</li> <li>• Erhaltungssätze (Energie, Impuls, Drehimpuls, Schwerpunktsbewegung) zu benennen und richtig anzuwenden,</li> <li>• einfache physikalische Vorgänge der Mechanik wie Planetenbewegung, Kreisel, Balkenbiegung, Pendel und Schallwellen quantitativ zu beschreiben,</li> <li>• die Grundlagen der Thermodynamik und der statistischen Physik sowie thermodynamische Größen (Druck, Temperatur, Energie, Entropie, thermodynamische Potentiale) und deren Zusammenhänge zu erklären,</li> <li>• Phasendiagramme, Phasenübergänge und deren Bezug zu thermodynamischen Maschinen sowie technischen Anwendungen zu analysieren,</li> <li>• thermodynamische Prozesse (Transportprozesse, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Konvektion) und deren Bedeutung für technologische Anwendung, Umwelt und Klima zu begründen (Krisenkompetenz).</li> <li>• physikalische Dimensionen umzurechnen und Einheiten richtig zu nutzen,</li> <li>• einfache Rechnungen ohne elektronische Hilfsmittel zur groben Abschätzung von Größenordnungen durchzuführen,</li> <li>• eine physikalische Problemstellung als mathematische Problemstellung zu formulieren,</li> <li>• die Lösung des mathematischen Problems im Physikkontext zu interpretieren und zu verifizieren,</li> <li>• unterschiedliche Lösungsansätze und -strategien zu entwickeln und zu bewerten.</li> </ul>
--------------------------	--

<b>Modulstruktur</b>	<u>Zur Vorbereitung auf die schriftliche Prüfung:</u> VO zu „Experimentalphysik 1“: 5 ECTS, 5 SSt.  <u>Prüfungsimmanenter Bestandteil:</u> UE zu „Experimentalphysik 1“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
<b>Leistungsnachweis</b>	Kombinierte Modulprüfung, bestehend aus 1. Schriftlicher Prüfung zu Experimentalphysik 1 (5 ECTS) 2. Übung zu Experimentalphysik 1 (3 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>STEOP2</b>	<b>Physikalische Rechenmethoden (Pflichtmodul)</b>	<b>8 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	keine	

## Modulziele

Studierende wiederholen bzw. erwerben mathematische Grundfertigkeiten, die in der Anfangsphase des Physikstudiums benötigt werden. Das Erlernen und Anwenden von Rechenmethoden anhand von Rechenbeispielen steht im Vordergrund und wird neben der Vorlesung in den zugehörigen Übungen eingeübt. Die Vorlesung ist somit komplementär zu den Mathematikvorlesungen über Analysis und lineare Algebra.

Die Inhalte umfassen:

- Analysis und Differentiation: Wichtige Funktionen, Verkettung von Funktionen, Differentiationsregeln, Kurvendiskussion, partielle Ableitungen, Taylorreihen,
- Vektoren und Koordinatensysteme: Vektoralgebra, kartesische, Zylinder- und Kugelkoordinaten,
- komplexe Zahlen: kartesische Darstellung, Exponentialform, Rechenregeln und Anwendungen, Eulerformeln, komplexe Wurzeln, komplexer Logarithmus,
- Integration: Integrationsregeln und -methoden, Rotationskörper, Bogenlängen, Mehrfachintegrale (Flächen- und Volumenintegrale), Koordinatentransformationen,
- Vektorfelder und Vektoranalysis: skalare Felder und Vektorfelder, Gradient, Divergenz, Rotation; Kurven- und Oberflächenintegrale; Integralsätze von Gauss und Stokes,
- gewöhnliche Differentialgleichungen: lineare homogene und inhomogene DGL 1. und 2. Ordnung, Lösungsmethoden, der harmonische Oszillator als Anwendungen im physikalischen Kontext.

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- Vektoralgebra und Koordinatensysteme sicher anzuwenden und geeignete Koordinaten für gegebene Problemstellungen auszuwählen,
- mit komplexen Zahlen in kartesischer und Exponentialform zu rechnen, komplexe Wurzeln zu bestimmen und diese im Kontext der Analysis anzuwenden,
- zusammengesetzte Funktionen und Funktionen mehrerer Variablen zu differenzieren,
- Integrationsaufgaben in einer und mehreren Variablen durchzuführen, Koordinatentransformationen anzuwenden sowie Bogenlängen, Flächen- und Volumina zu bestimmen,
- Vektorfelder zu analysieren, Grad, Div und Rot zu berechnen und zu interpretieren, das Potential aus einem Gradientenfeld zu berechnen und Kurven- sowie Oberflächenintegrale zu evaluieren; die Integralsätze von Gauß und Stokes zu erklären,
- für eine Auswahl gewöhnlicher Differentialgleichungen (z.B. separierbar, 1. und 2. Ordnung linear und mit konstanten Koeffizienten, homogen und

	<p>inhomogen) die geeigneten Lösungsmethoden zu wählen und diese zu lösen,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Lösungen für den klassischen erzwungenen und gedämpften harmonischen Oszillator herzuleiten.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	<p><u>Zur Vorbereitung auf die schriftliche Prüfung:</u> VO zu „Physikalische Rechenmethoden“: 5 ECTS, 4 SSt.</p> <p><u>Prüfungsimmanenter Bestandteil:</u> UE zu „Physikalische Rechenmethoden“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>
<b>Leistungsnachweis</b>	<p>Kombinierte Modulprüfung, bestehend aus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schriftlicher Prüfung zu Physikalische Rechenmethoden (5 ECTS)</li> <li>2. Übung zu Physikalische Rechenmethoden (3 ECTS)</li> </ol>
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>STEOP3</b>	<b>Forschung und Studium in Physik</b> (Pflichtmodul)	<b>2 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	keine	
<b>Modulziele</b>	<p>Die Studierenden erhalten einen breiten Überblick über aktuelle Forschungsgebiete in der Physik und deren Relevanz für die Weiterentwicklung von Technologie und Gesellschaft. Ein weiteres Ziel ist, den Studierenden Informationen zur Studienorganisation, erfolgreichen Studieren sowie weiterführende Berufs- und Ausbildungswege zu vermitteln.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einblick in die Forschungsgruppen an der Fakultät für Physik und deren Forschungsschwerpunkte sowie externer Forschungseinrichtungen,</li> <li>• Studienorganisation und Strategien zum erfolgreichen Studieren,</li> <li>• unterschiedliche Lernpfade für eine Vertiefung in einem bestimmten Interessensgebiet,</li> <li>• Organisation der Abschlussphase (Themenfindung für Bachelorarbeiten),</li> <li>• Berufsbild einer*s Physiker*in sowie weiterführende Karrierewege.</li> </ul>	
<b>Modulstruktur</b>	KU zu „Forschung und Studium in Physik“: 2 ECTS, 2 SSt. (pi)	
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (2 ECTS)	
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch	

Die positive Absolvierung des Pflichtmodulgruppe „Studieneingangs- und Orientierungsphase“ [PMG-StEOP] berechtigt zum weiteren Studium.

Folgende Lehrveranstaltungen dürfen bereits vor vollständiger Absolvierung der Pflichtmodulgruppe

„Studieneingangs- und Orientierungsphase“ [PMG-STEOP] absolviert werden:

- VO + UE zu „Analysis 1“ (8 ECTS)
- VU zu „Lineare Algebra 1“ (4 ECTS)
- VU zu „Grundlagen des Experimentellen Arbeitens“ (2 ECTS)
- VO + UE zu „Experimentalphysik 2“ (8 ECTS)

b) Pflichtmodulgruppe „Mathematische Grundlagen“ (PMG-Math)

LA	Lineare Algebra (Pflichtmodul)	8 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	Für VU „Lineare Algebra 1“: keine Für VU „Lineare Algebra 2“: PMG-StEOP	

<p><b>Modulziele</b></p>	<p>Studierende erwerben ein grundlegendes Verständnis von linearer Algebra mit einem Fokus auf endlich-dimensionalen Vektorräumen über den reellen und komplexen Zahlen. Sie erlernen sowohl allgemeine abstrakte Begriffe, Methoden und Zusammenhänge als auch die Fähigkeit, diese in konkreten Beispielen anzuwenden.</p> <p>Das Modul LA besteht aus zwei Teilen. Die Inhalte des ersten Teils umfassen die grundlegenden Aspekte der linearen Algebra, insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elementare Mengenlehre und algebraische Strukturen,</li> <li>• Geometrie im Euklidischen Raum,</li> <li>• Vektorräume und lineare Abbildungen,</li> <li>• Matrizenrechnung,</li> <li>• Konstruktionen von Vektorräumen,</li> <li>• Lösungsmethoden für lineare Gleichungssysteme.</li> </ul> <p>Der zweite Teil ergänzt die Inhalte des ersten Teils, insbesondere um:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinanten,</li> <li>• Konstruktionen von Vektorräumen (inkl. Tensorprodukt),</li> <li>• Eigenräume, Diagonalisierbarkeit und Trigonalisierbarkeit,</li> <li>• Geometrie im Euklidischen Raum,</li> <li>• unitäre Vektorräume, Spektraltheorem.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lineare Gleichungssysteme systematisch zu lösen,</li> <li>• Teilmengen von Vektorräumen auf lineare Unabhängigkeit zu prüfen,</li> <li>• quadratische Matrizen auf Invertierbarkeit zu prüfen,</li> <li>• darstellende Matrizen von linearen Abbildungen und Basistransformationsmatrizen zu bestimmen,</li> <li>• Matrizenrechnungen sicher durchzuführen,</li> <li>• Problemstellungen innerhalb von linearer Algebra anhand von kommutativen Diagrammen zu erläutern.</li> <li>• Determinanten von linearen Endomorphismen zu bestimmen,</li> <li>• Eigenwerte und Eigenvektorräume von linearen Endomorphismen systematisch zu bestimmen,</li> <li>• Endomorphismen auf Diagonalisierbarkeit zu prüfen, und hermitesche und unitäre Matrizen zu diagonalisieren,</li> <li>• Orthonormalsysteme für endlich-dimensionale unitäre Vektorräume zu konstruieren,</li> <li>• direkte Summe, Quotienten und Tensorprodukt zu konstruieren.</li> </ul>
--------------------------	---

<b>Modulstruktur</b>	VU zu „Lineare Algebra 1“: 4 ECTS, 3 SSt. (pi) VU zu „Lineare Algebra 2“: 4 ECTS, 3 SSt. (pi)  Es wird empfohlen, die VU „Lineare Algebra 1“ vor der VU „Lineare Algebra 2“ zu absolvieren.
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltungen (pi) (8 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>ANA1</b>	<b>Analysis 1</b> (Pflichtmodul)	<b>8 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	keine	

<b>Modulziele</b>	<p>Studierende erwerben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und der Analysis in einer reellen Variablen. Sie entwickeln ein grundlegendes Verständnis für die mathematischen Strukturen der reellen Analysis (Mengen, Zahlen, Abbildungen) und lernen die Anwendung verschiedener Beweismethoden. Sie lernen sowohl die mathematischen Grundlagen anhand von Beweisen zu entwickeln als auch die so entwickelten Theoreme auf die Lösungen von Problemen in der Analysis einer reellen Variable anzuwenden.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengen, Körper, reelle Zahlen, vollständige Induktion,</li> <li>• Folgen reeller Zahlen, Reihen, Konvergenz, Grenzwerte,</li> <li>• Abbildungen, Funktionen, Potenzreihen spezieller Funktionen,</li> <li>• Grenzwerte von Funktionen, Stetigkeit, Differenzierbarkeit, Landau-Symbole <math>o</math> und <math>O</math>,</li> <li>• Eigenschaften stetiger bzw. differenzierbarer Funktionen partielle Ableitung,</li> <li>• Extrema, Mittelwert, Konvexität,</li> <li>• Kompaktheit, gleichmäßige Stetigkeit, Approximation stetiger Funktionen, Umkehrfunktionen,</li> <li>• Riemann Integral, Fundamentalsatz,</li> <li>• Funktionenfolgen und Konvergenzbegriffe,</li> <li>• Potenzreihenentwicklung und deren Konvergenz,</li> <li>• Exponentialfunktion, Logarithmus und trigonometrische Funktionen,</li> <li>• Vertauschbarkeit von Grenzwerten und Ableitung bzw. Integration, Grenzwertsätze,</li> <li>• Fourier-Reihen und deren Konvergenz.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die wesentlichen Definitionen und Beweise zu den obengenannten Themen darzulegen und rigoros nachzuvollziehen,</li> <li>• Folgen und Reihen auf ihre Konvergenz hin zu untersuchen,</li> <li>• Funktionen auf Stetigkeit, Differenzierbarkeit und Integrierbarkeit hin zu analysieren,</li> <li>• Umkehrfunktionen zu berechnen bzw. deren Ableitungen,</li> <li>• Funktionenfolgen, Potenzreihen und Fourier-Reihen auf Konvergenz hin zu untersuchen,</li> <li>• elementare Funktionen zu differenzieren, zu integrieren und als Taylor-Entwicklung darzustellen,</li> <li>• periodische Funktionen als Fourier-Reihe darzustellen,</li> <li>• Charakterisierung von Funktionen: Extrema, Mittelwert, Konvexität.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	<p>VO zu „Analysis 1“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi)  UE zu „Analysis 1“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>

Leistungs-nachweis	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
Sprache	Deutsch oder Englisch

ANA2	Analysis 2 (Pflichtmodul)	8 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	PMG-StEOP	
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung	ANA1	

## Modulziele

Studierende erwerben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und der Analysis in mehreren reellen Variablen. Sie entwickeln ein grundlegendes Verständnis für die nun komplexeren mathematischen Strukturen der reellen Analysis in mehreren Variablen oftmals durch die Rückführung auf Konzepte der Analysis 1. Sie lernen sowohl die mathematischen Grundlagen anhand von Beweisen zu entwickeln als auch die so entwickelten Theoreme auf die Lösungen von Problemen in der Analysis mehrerer reeller Variablen anzuwenden. Es werden bereits einzelne physikalische Anwendungen im Bereich der Vektoranalysis thematisiert.

Die Inhalte umfassen:

- Topologie normierter Räume, Konvergenz,
- Vollständigkeit und Banachräume, Banach'scher Fixpunktsatz,
- Differentialrechnung im  $\mathbb{R}^n$ ,
- Partielle Differenzierbarkeit,
- Wege und Richtungsableitung,
- Taylorentwicklung im  $\mathbb{R}^n$ ,
- Hyperflächen, Graphen, Tangentialraum,
- kritische Punkte, lokale Minima/Maxima,
- Satz über die Implizite Funktion/Umkehrfunktion,
- Integration im Mehrdimensionalen, Transformationsformel,
- Kurvenintegrale,
- Konservative Vektorfelder, Potentiale,
- Differentialoperatoren (Gradient, Divergenz, Rotation, Laplace),
- Oberflächenintegrale,
- Satz von Gauß, Green'sche Formel, Satz von Stokes,
- Poisson-Gleichung, Newton Potential,
- Harmonische Funktionen, Maximumsprinzip.

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- die wesentlichen Definitionen und Beweise zu den obergenannten Themen darzulegen und rigoros nachzuvollziehen,
- Konvergenz im Mehrdimensionalen zu analysieren,
- Abbildungen in mehreren Variablen zu differenzieren, Taylor-Entwicklung in mehreren Variablen zu berechnen,
- verschiedenen Darstellungen von Hyperflächen ineinander umzurechnen,
- den Satz über die implizite Funktion anzuwenden,
- Extrempunkte von Funktionen in mehreren Variablen zu finden, auch mit Nebenbedingungen,
- Kurven-, Flächen- und Raumintegrale zu berechnen, konservative Vektorfelder zu charakterisieren,
- Differentialoperatoren auf Abbildungen anzuwenden und die Integralsätze anzuwenden,

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Sätze von Gauß, Stokes und die Green'sche Formel anzuwenden.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	VO zu „Analysis 2“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi) UE zu „Analysis 2“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
<b>Leistungs-nachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>ANA3</b>	<b>Analysis 3</b> (Pflichtmodul)	<b>8 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	PMG-StEOP	
<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	ANA1 und ANA2	

<b>Modulziele</b>	<p>Studierende erwerben Kenntnisse in Vertiefungsgebieten der Analysis mit einem Schwerpunkt auf den für die Physik relevanten Gebieten Komplexe Analysis, Funktionalanalysis, Fourier-Analysis und Partielle Differentialgleichungen.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexe Differenzierbarkeit, Holomorphie,</li> <li>• Cauchy-Riemannsche Differentialgleichungen,</li> <li>• Potenzreihen im Komplexen, Laurentreihen,</li> <li>• Komplexe Wegintegrale,</li> <li>• Satz von Cauchy, Cauchy'sche Integralformel,</li> <li>• Residuensatz, Berechnung reeller Integrale mit dem Residuensatz,</li> <li>• Hilberträume, Hilbertbasen, Separabilität, Vervollständigung,</li> <li>• Konvergenz von Fourierreihen,</li> <li>• Operatoren in Hilberträumen, hermitesch, selbstadjungiert, Eigenwerte und Entwicklung nach Eigenfunktionen,</li> <li>• Laplace-Operator mit Randbedingungen,</li> <li>• Transformationen von Differentialoperatoren,</li> <li>• Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen gewöhnlicher Differentialgleichungen,</li> <li>• Fourier Transformationen, Gaußfunktion, Satz von Plancherel,</li> <li>• weitere partielle Differentialgleichungen (Schrödinger, Wärmefluss, ...).</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe Funktionen zu differenzieren, Holomorphie nachzuweisen,</li> <li>• komplexe Wegintegrale direkt oder unter Verwendung vom Satz von Cauchy bzw. vom Residuensatz zu berechnen,</li> <li>• Eigenschaften holomorpher Funktionen auf weiterführende Fragestellungen anwenden (zB Fundamentalsatz der Algebra),</li> <li>• allgemeine Rechnungen in Hilberträumen durchzuführen,</li> <li>• Hilbertbasen zu verwenden, um Funktionen als unendliche Linearkombinationen darzustellen (zB. Fourier-Reihen, Zerlegung in Eigenfunktionen),</li> <li>• Eigenwerte und Eigenfunktionen vom Laplace-Operator in Symmetrie zu berechnen,</li> <li>• Differentialoperatoren unter Koordinatenwechseln zu transformieren,</li> <li>• die Fourier-Transformation anzuwenden,</li> <li>• ausgewählte Differentialgleichungen mit Darstellungsformeln zu lösen oder alternative Lösungsmethoden anzuwenden (z.B. Fourier-Transformation).</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	<p>VO zu „Analysis 3“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi)          UE zu „Analysis 3“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>

Leistungs-nachweis	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
Sprache	Deutsch oder Englisch

WST	Wahrscheinlichkeitstheorie & Statistik (Pflichtmodul)	4 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	PMG-STEOP	
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung	ANA1, ANA2	

<b>Modulziele</b>	<p>Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse über zentrale Prinzipien, Konzepte und Werkzeuge der modernen Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. Im Mittelpunkt stehen die Modellierung von Zufallsphänomenen, die Analyse von Daten sowie die kritische Beurteilung statistischer Aussagen. Dabei wird herausgearbeitet, wie probabilistische Modelle und statistische Methoden zusammenwirken, um Fragestellungen in den Naturwissenschaften systematisch zu bearbeiten und Unsicherheiten fachgerecht zu quantifizieren und zu bewerten.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bedeutung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs,</li> <li>• Axiomatische Formulierung der Wahrscheinlichkeitstheorie,</li> <li>• Bedingte Wahrscheinlichkeit und unabhängige Ereignisse,</li> <li>• Wiederholte Versuche (Bernoulli-Ketten, verallgemeinerte Bernoulli-Modelle, Satz von Bayes),</li> <li>• Zufallsvariable (Verteilungen und Dichten),</li> <li>• Funktionen einer Zufallsvariablen (Transformation von Verteilungsdichten),</li> <li>• Wichtige Verteilungen (Binomial-, Normal-, Poisson-, Gamma-, Weibull-Verteilung, usw.),</li> <li>• Zentrale Grenzwertsätze (Normal- und Lévy-Verteilungen),</li> <li>• Mehrere Zufallsvariablen und multivariate Verteilungen,</li> <li>• Stochastische Prozesse (Stationarität, Spektren),</li> <li>• Brownsche Bewegung und Markow-Prozesse.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die zentralen Prinzipien und Konzepte der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik zu erläutern,</li> <li>• geeignete probabilistische Modelle für physikalische Fragestellungen zu formulieren,</li> <li>• grundlegende statistische Verfahren zur Auswertung und Interpretation von Messdaten anzuwenden,</li> <li>• den Einsatz von Methoden der Statistik in den Naturwissenschaften einzuordnen,</li> <li>• die Rolle von Zufall, Unsicherheit und statistischer Schwankung in naturwissenschaftlichen Experimenten kritisch zu reflektieren.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	VU zu „Wahrscheinlichkeitstheorie & Statistik“: 4 ECTS, 3 SSt. (pi)
<b>Leistungs-nachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (4 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

c) Pflichtmodulgruppe „Experimentalphysik“ (PMG-EP)

EP2	Experimentalphysik 2: Optik, Elektromagnetismus, Relativität (Pflichtmodul)	8 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	keine	
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung	STEOP1, STEOP2	

<b>Modulziele</b>	<p>Studierende erwerben Kenntnisse über die grundlegenden Konzepte und Modelle der Optik, des Elektromagnetismus und der speziellen Relativitätstheorie sowie deren Anwendung auf unterschiedliche physikalische Problemstellungen. Der Wissenserwerb wird durch die Veranschaulichung mit Experimenten unterstützt. Darüber hinaus festigen die Studierenden ihre Fertigkeiten in der Anwendung von mathematischen Methoden zur Problemlösung und Interpretation der mathematischen Resultate im Kontext der physikalischen Problemstellung.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inertialsysteme, Zeitdilatation, Lorentz-Transformation,</li> <li>• Elektrostatik, elektrische Ströme,</li> <li>• Magnetostatik und zeitabhängige elektromagnetische Felder, elektromagnetische Schwingungen und Wellen,</li> <li>• Geometrische und Wellenoptik.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie (Inertialsysteme, Lorentz-Transformation, Zeitdilatation, Längenkontraktion) zu begründen, zu erklären und mathematisch zu formulieren,</li> <li>• die Wechselwirkung elektrischer und magnetischer Felder zu erklären und die Maxwell-Gleichungen zu motivieren und anzuwenden,</li> <li>• die Grundlagen der Elektrizität (elektrische Ladung, elektrisches Feld, Spannung, Potential, Arbeit) zu beschreiben und grundlegende Berechnungen durchzuführen,</li> <li>• Gleichstromkreise zu analysieren,</li> <li>• Wechselstromnetze mit komplexen Zahlen zu beschreiben,</li> <li>• Magnetfelder und deren Quellen zu beschreiben,</li> <li>• Berechnungen zu Magnetfeldern, Kraftwirkungen und elektromagnetischer Induktion durchzuführen,</li> <li>• Schwingungen und Wellen (gedämpfte/erzwungene Schwingungen in elektrischen Schwingkreisen, Entstehung/Eigenschaften elektromagnetischer Wellen, elektromagnetisches Spektrum) zu analysieren und zu erklären,</li> <li>• die Gesetze der geometrischen Optik (Lichtausbreitung, Bildentstehung an Spiegeln/Linsen, Reflexion, Brechung, Dispersion) zu erklären und mathematisch zu formulieren,</li> <li>• die Welleneigenschaften von Licht (Interferenz, Beugung, Polarisation) zu erklären und mathematisch zu formulieren,</li> <li>• mathematische Gleichungen und Differentialgleichungen zu analysieren und geeignete Werkzeuge wie z.B. Wolfram Alpha, SPICE, Tabellenkalkulationsprogramme oder KI-basierte Hilfsmittel gezielt zur Lösung einzusetzen.</li> </ul>
-------------------	---

<b>Modulstruktur</b>	VO zu „Experimentalphysik 2“: 5 ECTS, 5 SSt. (npi) UE zu „Experimentalphysik 2“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>EP3</b>	<b>Experimentalphysik 3: Quantenmechanik, Atom- und Kernphysik</b> (Pflichtmodul)	<b>8 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	PMG-STEOP	
<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	EP2	

<p><b>Modulziele</b></p>	<p>Studierende erwerben ein vertieftes, formalisiertes Verständnis der grundlegenden Konzepte und Modelle der Quantenmechanik sowie der Atom- und Kernphysik.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• phänomenologische Quantenphysik: Schwarzkörperstrahlung, Photoeffekt, Compton-Effekt; historische Experimente und ihre theoretische Einordnung z.B. Stern–Gerlach-Experiment,</li> <li>• Quantenoptik und Materiewellen: Photonen, Welle–Teilchen-Dualismus, de-Broglie-Konzept; quantenmechanische Beschreibung von Teilchen in Potentialen,</li> <li>• Atomphysik: Quantisierung von Energie, Drehimpuls und Spin, Atommodelle, Feinstruktur und Hyperfeinstruktur, Zeeman-Effekt, Elektronenkonfigurationen, Spektroskopie, Auswahlregeln, Licht–Materie-Wechselwirkungen, Elemente der Laserkühlung von Atomen, Spin-Resonanz,</li> <li>• Einführung in die Kernphysik: Kernbindungsenergie und einfache Kernmodelle (z. B. Tröpfchenmodell, Schalenmodell), Radioaktivität und Zerfallsarten, Strahlenwirkung und Dosimetrie, grundlegende Prozesse im Atomkern wie Kernspaltung sowie Anwendungen.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aus grundlegenden Experimenten die Notwendigkeit der quantenmechanischen Beschreibungen zu begründen und zentrale Konzepte (Zustand, Observable, Messung) präzise zu erläutern,</li> <li>• typische quantenmechanische Modellprobleme (z. B. Teilchen in eindimensionalen und zentralen Potentialen) zu formulieren, geeignete Lösungsmethoden auszuwählen und die physikalische Bedeutung der Lösungen zu interpretieren,</li> <li>• das Atommodell und den Aufbau des Periodensystems aus den Konzepten der Quantenphysik zu motivieren,</li> <li>• atomare Spektren des Wasserstoffatoms inklusive Feinstruktur und Hyperfeinstruktur sowie die Wirkung äußerer Felder (Zeeman-Effekt) quantitativ zu beschreiben,</li> <li>• technische Anwendungen der Quantenphysik wie Laser und MRT zu erklären,</li> <li>• grundlegende Kernmodelle zur Erklärung der Stabilität von Kernen und von radioaktiven Zerfällen anzuwenden,</li> <li>• die physikalischen Hintergründe von technischen Anwendungen der Kernphysik wie Kernreaktoren sowie die Wirkung von radioaktiver Strahlung zu erklären.</li> </ul>
--------------------------	---

<b>Modulstruktur</b>	VO zu „Experimentalphysik 3“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi) UE zu „Experimentalphysik 3“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>EP4</b>	<b>Experimentalphysik 4: Kondensierte Materie</b> (Pflichtmodul)	<b>8 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	PMG-StEOP	
<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	EP2 und EP3	

<b>Modulziele</b>	<p>Studierende erwerben ein vertieftes, formalisiertes Verständnis der grundlegenden Konzepte und Modelle der Physik der kondensierten Materie. Sie können physikalische Modelle auf konkrete Problemstellungen anwenden, geeignete Annahmen und Näherungen begründen und reale Materialien und Festkörpersysteme quantitativ analysieren.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moleküle: chemische Bindungen, Schwingungen, Spektroskopie,</li> <li>• Symmetriegruppen und Auswahlregeln: Kristallsymmetrien, Gruppenoperationen, Auswahlregeln,</li> <li>• Kristallstrukturen und langreichweitige Ordnung: Bravais-Gitter, Kristallstrukturen, reziproker Raum, Brillouin-Zonen; Hinweise auf quasikristalline und amorphe Materialien,</li> <li>• Gitterschwingungen (Phononen): kollektive Schwingungen, Beiträge zu thermischen und mechanischen Eigenschaften, Wärmeleitung,</li> <li>• Elektronen in Festkörpern: freies Elektronengas, Energiebandstruktur, elektronische Transporteffekte, Spektroskopie,</li> <li>• moderne Materialien.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristallstrukturen systematisch zu beschreiben, reziproken Raum und Brillouin-Zonen zu nutzen und die Konsequenzen von Symmetrien (inklusive Auswahlregeln) für physikalische Eigenschaften zu erläutern,</li> <li>• Gitterschwingungen zu modellieren, Beiträge zu thermischen und mechanischen Materialeigenschaften zu erklären und experimentelle Beobachtungen einzuordnen,</li> <li>• elektronische Eigenschaften mithilfe geeigneter Modellbildungen zu analysieren und Bandstrukturen qualitativ und quantitativ zu interpretieren,</li> <li>• grundlegende Transportphänomene in Festkörpern zu erklären und auf typische Problemstellungen (Leitfähigkeit, Beweglichkeit, Streumechanismen) anzuwenden,</li> <li>• kollektive Anregungen (z. B. Plasmonen, Polaritonen) zu erkennen, ihre physikalische Bedeutung zu erläutern und Bezüge zu optischen bzw. elektronischen Materialeigenschaften herzustellen.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	VO zu „Experimentalphysik 4“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi) UE zu „Experimentalphysik 4“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

d) Pflichtmodulgruppe „Experimentelle Grundausbildung“ (PMG-Lab)

GEA	Grundlagen des Experimentellen Arbeitens (Pflichtmodul)	2 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	keine	
Modulziele	<p>Studierende lernen, einfache mechanische und elektrische Messungen durchzuführen und auszuwerten. Sie lernen den Umgang mit experimentellen Unsicherheiten, Fehlerfortpflanzung und Anpassungen mit linearen und anderen Regressionsfunktionen kennen. Sie lernen, ihre Ergebnisse in einem kurzen Laborbericht der guten wissenschaftlichen Praxis entsprechend zu dokumentieren und darzustellen.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung des Experimentierens in der Physik,</li> <li>• Fehler, Abweichungen, Unsicherheiten nach GUM,</li> <li>• Grundlagen der Statistik,</li> <li>• korrelierte und unkorrelierte Unsicherheiten zusammengesetzter Messgrößen,</li> <li>• Anpassung verschiedener Regressionsfunktionen,</li> <li>• Rundungsregeln,</li> <li>• Dokumentation, Datenauswertung und grafische Darstellung,</li> <li>• Grundlagen des Urheberrechts,</li> <li>• Laborsicherheit.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Experimente nach einer Anleitung selbstständig durchzuführen und zu dokumentieren,</li> <li>• Ergebnisse zu analysieren und deren Unsicherheiten abzuschätzen,</li> <li>• Daten grafisch darzustellen und in kurzen Laborberichten zusammenzufassen.</li> </ul>	
Modulstruktur	VU zu „Grundlagen des Experimentellen Arbeitens“: 2 ECTS, 2 SSt. (pi)	
Leistungsnachweis	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (2 ECTS)	
Sprache	Deutsch oder Englisch	

LP1	Laborpraktikum 1 (Pflichtmodul)	5 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	PMG-StEOP, GEA	

Empfohlene Teilnahmevoraussetzung	EP2
Modulziele	<p>Studierende lernen grundlegende Messmethoden und Experimente aus den Bereichen der Mechanik, Optik, Elektrizitätslehre und Wärmelehre kennen. Ihr physikalisches Grundlagenwissen wird vertieft und erweitert. Sie lernen, Experimente überwiegend eigenständig und eigenverantwortlich durchzuführen. Die Methoden der Datenanalyse und der Darstellung der Ergebnisse, die in der GEA erlernt wurden, werden angewandt und vertieft. Die Interpretation von Ergebnissen und deren Diskussion unter Fachkolleg*innen werden geübt. KI-Unterstützung der Laborarbeit wird gefördert und deren Einflüsse kritisch diskutiert.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbstständige Durchführung von Experimenten nach detaillierter Vorbereitung,</li> <li>• Übung der Anwendung ausgewählter Software und KI zur Datenanalyse,</li> <li>• Dokumentation von Experimenten,</li> <li>• Darstellung und Präsentation von Ergebnissen,</li> <li>• Erweiterung der Kenntnisse zur wissenschaftlichen Praxis und des wissenschaftlichen Publizierens.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimente nach detaillierter Vorbereitung selbstständig durchzuführen und zu dokumentieren,</li> <li>• Ergebnisse zu analysieren und deren Unsicherheiten abzuschätzen,</li> <li>• Daten und deren Interpretation in kurzen Laborberichten darzustellen und ihre Ergebnisse vor Fachkolleg*innen zu präsentieren.</li> </ul>
Modulstruktur	LP zu „Laborpraktikum 1“: 5 ECTS, 4 SSt. (pi)
Leistungsnachweis	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (5 ECTS)
Sprache	Deutsch oder Englisch

LP2	Laborpraktikum 2 (Pflichtmodul)	8 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	PMG-StEOP, GEA	
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung	EP2 und LP1	

<b>Modulziele</b>	<p>Studierende lernen, verschiedene, teilweise komplexere Messmethoden und Experimente aus den Bereichen der Wärmelehre, Optik, Elektrizität und Magnetismus, Halbleiterphysik, Atom- und Kernphysik nach detaillierter Vorbereitung eigenständig auszuführen, zu dokumentieren und die Ergebnisse in einem ausführlichen Protokoll darzustellen. KI-Unterstützung der Laborarbeit wird gefördert und deren Einflüsse kritisch diskutiert.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbstständige Durchführung von teilweise komplexen Experimenten nach detaillierter Vorbereitung,</li> <li>• selbstständige Anwendung ausgewählter Software und KI zur Datenanalyse,</li> <li>• vollständige Dokumentation von Experimenten,</li> <li>• Darstellung und Präsentation von Ergebnissen in einem ausführlichen Protokoll,</li> <li>• Kenntnisse zur wissenschaftlichen Praxis (Quellenangaben, Zitieren) im Rahmen der Experimentalphysik.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, experimentelle Labortätigkeit eigenständig durchzuführen. Sie können Messdaten dokumentieren, analysieren und interpretieren. Sie können ausführliche Protokolle im Sinne der guten wissenschaftlichen Praxis verfassen, die in formalen Zügen Bachelorarbeiten entsprechen.</p>
<b>Modulstruktur</b>	LP zu „Laborpraktikum 2“: 8 ECTS, 5 SSt. (pi)
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (8 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

e) Pflichtmodulgruppe „Theoretische Physik“ (PMG-TP)

<b>TP1</b>	<b>Theoretische Physik 1: Klassische Mechanik (Pflichtmodul)</b>	<b>8 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	PMG-StEOP	
<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	ANA1 und LA1	

<b>Modulziele</b>	<p>Studierende erwerben ein vertieftes, formalisiertes Verständnis der Konzepte der klassischen Mechanik, sowie der wichtigsten mathematischen Strukturen und Methoden zur Beschreibung und Lösung von mechanischen Systemen. Der mathematische Formalismus wird systematisch entwickelt, allgemeine Aussagen über mechanische Systeme werden hergeleitet und in konkreten Beispielen angewandt.</p> <p>Die physikalischen Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Newton'sche Mechanik, dynamische Systeme, Phasenraum,</li> <li>• Koordinatentransformationen, Galilei-Transformationen, beschleunigte Bezugssysteme,</li> <li>• Systeme von Punktmassen: Erhaltungssätze, Zweikörperproblem, Streuprozesse,</li> <li>• Lagrange-Formalismus, Hamiltonsches Wirkungsprinzip, Symmetrien &amp; Erhaltungssätze, Zwangsbedingungen,</li> <li>• Hamilton-Formalismus, Legendre-Transformation, Poisson-Klammern, kanonische Transformationen,</li> <li>• kleine Schwingungen gekoppelter Systeme,</li> <li>• starre Körper, Trägheitstensor,</li> <li>• Relativistische Kinematik und Dynamik.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Formulierung der Newton'schen Mechanik durch dynamische Systeme in Konfigurations- und Phasenraum zu begreifen und anzuwenden, sowie die Bewegungsgleichungen in einfachen Fällen zu lösen,</li> <li>• mechanische Systeme im Lagrange-Formalismus zu beschreiben und Variationsprobleme zu lösen,</li> <li>• Erhaltungssätze (Energie, Impuls, Drehimpuls, Schwerpunktsbewegung) im Rahmen des Noether-Theorems herzuleiten und anzuwenden,</li> <li>• 2- und Mehrkörperprobleme unter Beachtung von Erhaltungsgrößen präzise zu formulieren und zu lösen, insbesondere das Keplerproblem,</li> <li>• mechanische Systeme im Hamilton-Formalismus zu beschreiben, Legendre-Transformationen anzuwenden, die Bedeutung und Anwendung von Poisson-Klammern und kanonischen Transformationen zu begreifen und in konkreten Systemen anzuwenden,</li> <li>• kleine Schwingungen gekoppelter Systeme zu beschreiben und zu entkoppeln,</li> <li>• Lorentz-Transformationen sowie den Formalismus von 4-Vektoren zur Beschreibung von relativistischen Systemen korrekt anzuwenden.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	<p>VO zu „Theoretischer Physik 1“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi)          UE zu „Theoretischer Physik 1“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)</p>

Leistungsnachweis	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
Sprache	Deutsch oder Englisch

TP2	Theoretische Physik 2: Elektrodynamik (Pflichtmodul)	8 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	PMG-StEOP	
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung	ANA1, ANA2, LA1 und LA2	

## Modulziele

Studierende erwerben ein fundiertes Verständnis der Konzepte und des mathematischen Formalismus der Elektrodynamik einschließlich der speziellen Relativitätstheorie. Im Mittelpunkt stehen der formale Aufbau der Theorie, insbesondere die Maxwell-Gleichungen und ihre Struktur, sowie die mathematische Behandlung der daraus entstehenden physikalischen Probleme. Ziel des Kurses ist es, ein tiefes theoretisches Verständnis und solide Fähigkeiten zur Lösung elektrodynamischer Fragestellungen zu vermitteln.

Die physikalischen Inhalte umfassen:

- Elektro- und Magnetostatik:  
Felder, Potentiale, Dipol- und Multipolentwicklung,
- Maxwell-Gleichungen, Lorentzkraft, Kontinuitätsgleichung,
- Eichtransformationen,
- Elektrodynamik in kontinuierlichen Medien,
- Grundlagen elektrischer Schaltkreise,
- Relativistische Formulierung der Elektrodynamik im Minkowskiraum,
- Erhaltungsgrößen:  
Poynting Vektor, Energie- und Impulserhaltung,
- elektromagnetische Wellen in Vakuum und Materie, Reflexion und Brechung, Dispersion,
- elektromagnetische Strahlungsfelder, insbesondere retardierte Greens-Funktion und Dipolstrahlung,
- mathematische Aspekte:  
Greensche Funktionen, Fourier-Methoden, Distributionen, Lösungstechniken für partielle Differentialgleichungen, Randwertprobleme.

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- die Maxwell-Gleichungen in Differenzial- und Integralform in Vakuum und Materie sicher anzuwenden, zu analysieren und geeignete Lösungsansätze zu entwickeln,
- Felder von einfachen Ladungs- und Stromkonfigurationen in Vakuum und Materie inklusive Multipolentwicklung zu berechnen,
- Randbedingungen für konkrete physikalische Situationen korrekt zu formulieren und die entsprechenden Randwertprobleme zu lösen, insbesondere durch Anwendung von Greens-Funktionen und Separationsansatz,
- elektromagnetische Energie-, Impuls- und Kraftübertragung zu formulieren und anzuwenden,
- die relativistische Formulierung der Elektrodynamik unter Verwendung von 4-Vektoren und des Feldstärketensors korrekt anzuwenden, insbesondere deren Lorentztransformationen,
- 4-Potentiale und Eichungen zur effizienten Beschreibung von Feldern anzuwenden,

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen in Vakuum und Materie unter Berücksichtigung von Randbedingungen zu berechnen,</li> <li>• die elektromagnetische Strahlung beschleunigter Ladungen zu berechnen, insbesondere Dipolstrahlung.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	VO zu „Theoretischer Physik 2“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi) UE zu „Theoretischer Physik 2“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>TP3</b>	<b>Theoretische Physik 3: Quantenmechanik 1 (Pflichtmodul)</b>	<b>8 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	PMG-StEOP	
<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	TP1 und TP2	

<p><b>Modulziele</b></p>	<p>Die Studierenden erwerben ein fundiertes Verständnis der grundlegenden Prinzipien, Konzepte, Methoden und Modelle der Quantenmechanik. Sie erlernen, konkrete physikalische Systeme quantenmechanisch korrekt zu beschreiben, und in einfachen Fällen zu lösen. Die mathematischen Strukturen und Methoden werden präzise formuliert, und deren Anwendung wird geübt. Die physikalischen Inhalte und Konsequenzen der Quantenmechanik werden erarbeitet und anhand von einfachen Systemen illustriert.</p> <p>Die physikalischen Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• physikalische und theoretische Motivation der Quantenmechanik,</li> <li>• Postulate der Quantenmechanik,</li> <li>• mathematische Struktur der Quantenmechanik: Hilberträume, Zustände, Operatoren, Observablen,</li> <li>• Operatormethoden: Projektoren, unitäre Transformationen, Eigenwertprobleme, Spektralzerlegung, Funktionenkalkül,</li> <li>• Korrespondenzprinzip, Unschärferelation, Verschränkung,</li> <li>• Schrödingergleichung (zeitabhängig und -unabhängig), Schrödinger- und Heisenbergbild,</li> <li>• gemischte Zustände und Dichtematrix,</li> <li>• eindimensionale Systeme, Potentiale, harmonischer Oszillator, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren,</li> <li>• Mach-Zehnder Interferometer,</li> <li>• dreidimensionale Systeme, Wasserstoffatom,</li> <li>• Drehimpuls, Spin,</li> <li>• identische Teilchen.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundlagen der Quantenmechanik korrekt zu formulieren und anzuwenden (Zustände im Hilbertraum, Observablen als hermitesche Operatoren, unitäre Zeitentwicklung, Messpostulat),</li> <li>• mit Dirac-Notation sicher zu arbeiten: Basiswechsel, Vollständigkeit, Orthonormalität (diskret/kontinuierlich), Dirac-Delta,</li> <li>• die Schrödingergleichung korrekt anzuwenden, physikalische Systeme im Rahmen der Quantenmechanik zu beschreiben und für einfache Systeme zu lösen,</li> <li>• Standardprobleme zu lösen: Mach-Zehnder Interferometer, freies Teilchen, Potentialtopf und Potentialstufe, harmonischer Oszillator, Zentralkräfte (Separation in Kugelkoordinaten), Wasserstoffspektrum und Zustände,</li> <li>• Operatormethoden anzuwenden: Kommutatoren, Hermitizität, Eigenwertprobleme, Spektralzerlegung, Funktionenkalkül,</li> <li>• Orts- und Impulsdarstellung, Fourier-Transformationen, Wellenpakete korrekt zu verwenden, Wahrscheinlichkeitsdichten und -ströme berechnen,</li> <li>• Spin und Drehimpuls quantenmechanisch zu beschreiben.</li> </ul>
--------------------------	--

Modulstruktur	VO zu „Theoretischer Physik 3“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi) UE zu „Theoretischer Physik 3“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
Leistungsnachweis	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
Sprache	Deutsch oder Englisch

TP4	Theoretische Physik 4: Thermodynamik und Statistische Mechanik (Pflichtmodul)	8 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	PMG-StEOP	
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung	TP1 und TP3	

## Modulziele

Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse über die zentralen Begriffe, Prinzipien und formalen Methoden der Thermodynamik und der Statistischen Physik. Im Mittelpunkt stehen die Beschreibung makroskopischer Systeme, die zugehörigen Zustandsgrößen und Gesetzmäßigkeiten sowie deren formale Herleitung und physikalische Interpretation. Dabei wird herausgearbeitet, wie makroskopische Gesetzmäßigkeiten sowohl aus allgemeinen thermodynamischen Prinzipien als auch aus der statistischen Beschreibung mikroskopischer Modelle hervorgehen und wie beide Zugänge systematisch ineinandergreifen.

Die Inhalte umfassen:

- Hauptsätze der Thermodynamik, innere Energie, Entropie,
- Gleichgewichtsbedingungen, Zustandsgleichungen,
- extensive und intensive Größen, Euler-Gleichung, Gibbs-Duhem-Gleichung,
- reversible und irreversible Prozesse, Kreisprozesse, Wärmekraftmaschinen, Wirkungsgrad,
- thermodynamische Potentiale, Legendre-Transformationen, Maxwell-Relationen, Stabilität,
- Phasenübergänge, Clausius-Clapeyron-Gleichung, Gibbssche Phasenregel,
- Grundlagen der Statistischen Physik, mikroskopische Zustände, statistische Definition der Entropie,
- Ensembles (mikrokanonisch, kanonisch, großkanonisch), Zustandssumme, Fluktuationen,
- ideales Gas, Mischungsentropie und Gibbssches Paradoxon,
- Phasenübergänge, Ising-Modell, Mean-Field-Näherung,
- Quantenstatistik, ideales Bose-Gas, ideales Fermi-Gas.

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- die Hauptsätze der Thermodynamik sowie die Begriffe innere Energie und Entropie zu beschreiben, zu erklären und mathematisch zu formulieren,
- Gleichgewichtsbedingungen zu formulieren und Zustandsgleichungen anzuwenden,
- reversible und irreversible Prozesse zu analysieren und Wirkungsgrade von Wärmekraftmaschinen, Kältemaschinen und Wärmepumpen zu berechnen,
- thermodynamische Potentiale mithilfe von Legendre-Transformationen einzuführen, daraus Maxwell-Relationen abzuleiten und Stabilitätsbedingungen zu diskutieren,
- Phasenübergänge zu beschreiben und dabei die Clausius-Clapeyron-Gleichung und die Gibbssche Phasenregel anzuwenden,
- die grundlegenden Ensembles der statistischen Physik (mikrokanonisch, kanonisch, großkanonisch) zu erklären, geeignete Ensembles für gegebene Problemstellungen zu wählen,

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aus der Zustandssumme thermodynamische Größen zu bestimmen,</li> <li>• einfache Modelle wie das ideale Gas und das Zweizustandssystem in verschiedenen Ensembles zu behandeln,</li> <li>• einfache Modelle kollektiver Phänomene (z.B. Ising-Modell) zur Beschreibung von Phasenübergängen einzusetzen,</li> <li>• die Grundlagen der Quantenstatistik zu verstehen und auf das ideale Bose- und Fermi-Gas anzuwenden.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	VO zu „Theoretischer Physik 4“: 5 ECTS, 4 SSt. (npi) UE zu „Theoretischer Physik 4“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (5 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>TP5</b>	<b>Theoretische Physik 5: Quantenmechanik 2 (Pflichtmodul)</b>	<b>7 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	PMG-StEOP	
<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	TP1, TP2, TP3, TP4 und ANA3	

## Modulziele

Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis der mathematischen und konzeptuellen Grundlagen der Quantenmechanik, einschließlich Symmetrien, Pfadintegralformulierung, relativistischer Quantenmechanik, offener Quantensysteme und grundlegender Konzepte der Quanteninformation. Sie wenden fortgeschrittene quantenmechanische Methoden zur Analyse komplexer Systeme an, berechnen Übergangsamplituden und einfache Streuprozesse, formulieren Dichtematrizen, quantifizieren Verschränkung und beherrschen Approximationstechniken (WKB, Variationsmethode, Störungstheorie). Das Modul vermittelt strukturelle Grundlagen für weiterführende Kurse in Quantenfeldtheorie, Teilchenphysik, Vielteilchenphysik und modernen Quantenwissenschaften.

Die Inhalte umfassen:

- formale Grundlagen der Quantenmechanik: Hilberträume, Operatoralgebra, Spektralzerlegung, Dichtematrizen, Messpostulate,
- Symmetrien: kontinuierliche und diskrete Transformationen, Erhaltungsgrößen, Wigners Theorem,
- Drehimpuls und Addition von Drehimpulsen:  $SU(2)$ -Algebra, Clebsch–Gordan-Koeffizienten,
- Approximationstechniken: Variationsmethoden, zeitunabhängige und zeitabhängige Störungstheorie, WKB,
- offene Quantensysteme und Dekohärenz: reduziertes System, Quantenkanäle, generalisierte Messungen,
- Grundlagen der Quanteninformation: Qubits, Bloch-Kugel, Verschränkung, Bell-Zustände, Entropiemaße, einfache Quantengatter,
- Streutheorie: Lippmann–Schwinger-Gleichung, Wirkungsquerschnitte,
- Einführung in Vielteilchensysteme und Quantenfelder: symmetrische und antisymmetrische Zustände,
- Einführung in die Pfadintegralformulierung: Pfadintegrale des freien Teilchens und des harmonischen Oszillators, Lagrange-Formalismus, Übergang zur Feldtheorie,
- Elemente der relativistischen Quantenmechanik.

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- Symmetrien und Erhaltungsgrößen quantenmechanischer Systeme zu analysieren, Drehimpulse zu addieren sowie Clebsch–Gordan-Koeffizienten, Wigner–Eckart-Theorem und daraus folgende Auswahlregeln anzuwenden,
- zeitunabhängige und zeitabhängige Störungstheorie zur Berechnung von Energiekorrekturen und Übergangswahrscheinlichkeiten einzusetzen,
- Streuprozesse an Potentialen zu behandeln, einschließlich der Berechnung von Wirkungsquerschnitten,
- offene Quantensysteme zu beschreiben und die grundlegenden Konzepte

	der Quanteninformation zu beherrschen.
Modulstruktur	VO zu „Theoretischer Physik 5“: 4 ECTS, 3 SSt. (npi) UE zu „Theoretischer Physik 5“: 3 ECTS, 2 SSt. (pi)
Leistungsnachweis	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfung (npi) (4 ECTS) und der prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (3 ECTS)
Sprache	Deutsch oder Englisch

f) Pflichtmodulgruppe „Programmierung und Numerik“ (PMG-Prog)

PROG	Grundlagen der Programmierung (Pflichtmodul)	6 ECTS-Punkte
Teilnahmevoraussetzung	PMG-StEOP	

## Modulziele

Die Studierenden erwerben sowohl die Fähigkeit, grundlegende Datenauswertungen und Visualisierungen erstellen zu können, sowie ein grundlegendes Verständnis für die Funktionsweise eines Computers, dessen Betriebssystem und grundlegende Konzepte der Informatik. Darauf aufbauend erlernen sie die Fähigkeit imperative, prozedurale und objektorientierte Programme zu schreiben, diese zu dokumentieren, zu testen und zu debuggen. Diese Konzepte werden theoretisch erläutert sowie anhand von Beispielprogrammen in höheren Programmiersprachen vermittelt und durch selbständiges Programmieren gefestigt.

Die Inhalte umfassen:

- Aufsetzen einer Programmierumgebung,
- Visualisierung und Auswertung von Daten,
- eine Basiseinführung in die Funktionsweise von Computern,
- Boole'sche Algebra,
- elementare Datentypen (bool, byte, (u)int, float/double), deren interne Repräsentation und Wertebereiche,
- abgeleitete Datentypen (Arrays, Listen, Strukturen, Assoziative Arrays)
- Integer und Floating-Point Computerarithmetik und ihre Besonderheiten und Probleme,
- Speicherverwaltung, Adressen und Pointerarithmetik,
- Zeichenkodierungen und Strings,
- Umsetzung einer Problemstellung in ein Programm,
- Verwendung von Versionkontrollsystemen, Interpretern und Compilern auf der Kommandozeile,
- Grundelemente der imperativen und prozeduralen Programmierung (Typisierung, Variablen, Operatoren, Kontrollstrukturen, Funktionen, Programmbibliotheken),
- Grundelemente der objektorientierten Programmierung (Klassen, Objekte, Methoden),
- Dokumentation von Programmen,
- eine Übersicht über die in der Physik wichtigsten Programmiersprachen.

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- Daten mit Hilfe von Programmierung darzustellen und auszuwerten,
- Unterschiede zwischen dynamisch und statisch typisierten Programmiersprachen zu erklären,
- den Unterschied zwischen Interpreter- und Compilersprachen zu beschreiben,
- computerbasierte Problemstellungen in imperativen, prozeduralen oder objektorientierten Programmiersprachen umzusetzen,
- den für Verwendungszweck einer Variable geeigneten Datentyp wählen zu können,

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedingungen wie if/else und Schleifen wie for und while zu verwenden,</li> <li>• eigene Funktionen mit und ohne Parameter und/oder Rückgabewert zu definieren,</li> <li>• in Programmbibliotheken vorhandene Funktionen zu verwenden,</li> <li>• Daten von der Konsole und Dateien einzulesen und auch dorthin ausgeben zu können,</li> <li>• eine Klasse mit Variablen und Methoden zu implementieren,</li> <li>• aufbauend auf existierende Klassen über Vererbung neue Klassen zu schaffen,</li> <li>• undefiniertes Verhalten in der verwendeten Programmiersprache zu vermeiden,</li> <li>• zur Laufzeit auftretende Fehler zu erkennen und abzufangen,</li> <li>• ein selbst erstelltes Programm zu debuggen,</li> <li>• Programme zu dokumentieren,</li> <li>• Programme kollaborativ zu entwickeln.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	VU zu „Grundlagen der Programmierung“: 6 ECTS, 4 SSt. (pi)
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (6 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

<b>SCDS</b>	<b>Scientific Computing &amp; Data Science</b> (Pflichtmodul)	<b>6 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	PMG-StEOP	
<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	PROG	

<b>Modulziele</b>	<p>Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse zentraler Methoden des wissenschaftlichen Rechnens und der datengetriebenen Analyse in der Physik. Im Mittelpunkt stehen numerische Verfahren zur Lösung physikalischer Probleme, die Implementierung wesentlicher Algorithmen sowie die kritische Bewertung und Interpretation der Ergebnisse. Ergänzend werden grundlegende Data-Science-Methoden, einschließlich ausgewählter Verfahren des maschinellen Lernens, eingeführt und anhand praktischer Beispiele zur Analyse und Visualisierung physikalischer Daten eingesetzt.</p> <p>Die Inhalte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Scientific Computing und die Rolle von Simulationen in der Physik,</li> <li>• Implementierung und Test einfacher numerischer Verfahren (vorwiegend in Python),</li> <li>• Interpolation und Approximation, lineare Gleichungssysteme,</li> <li>• Numerische Differentiation und Integration,</li> <li>• Lösung nichtlinearer Gleichungen und Ausgleichsrechnung,</li> <li>• Eigenwertprobleme,</li> <li>• Numerische Methoden für gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen,</li> <li>• Einführung in Data Science in der Physik,</li> <li>• Erfassung, Aufbereitung und Organisation wissenschaftlicher Daten,</li> <li>• Statistische Analyse von Mess- und Simulationsdaten,</li> <li>• Datenvisualisierung,</li> <li>• ausgewählte Methoden des maschinellen Lernens.</li> </ul> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zentrale Methoden des Scientific Computing zu verstehen und auf typische physikalische Fragestellungen anzuwenden,</li> <li>• einfache numerische Algorithmen selbstständig zu programmieren, zu testen und deren Stabilität und Genauigkeit einzuschätzen,</li> <li>• Mess- und Simulationsdaten mit geeigneten Werkzeugen zu erfassen, aufzubereiten, zu analysieren und anschaulich zu visualisieren,</li> <li>• grundlegende Data-Science-Methoden auf physikalische Datensätze anzuwenden und die Ergebnisse physikalisch zu interpretieren,</li> <li>• ausgewählte Methoden des maschinellen Lernens auf einfache physikalische Problemstellungen und Datensätze anzuwenden und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten,</li> <li>• Möglichkeiten und Grenzen numerischer und datengetriebener Verfahren in der Physik reflektiert zu beurteilen.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	VU zu „Scientific Computing & Data Science“: 6 ECTS, 4 SSt. (pi)

<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (6 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

g) Pflichtmodul „Wahl-Fachbereiche“ (WFach)

<b>WFach</b>	<b>Wahl-Fachbereiche</b> (Pflichtmodul)	<b>7 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	Mindestens 90 ECTS-Punkte aus den sechs Pflichtmodulgruppen PMG-StEOP, PMG-Math, PMG-EP, PMG-TP, PMG-Lab und PMG-Prog	

## Modulziele

Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse in mindestens einem selbst gewählten Forschungsgebiet der Fakultät für Physik aus den Bereichen Experimentalphysik, Theoretische/Mathematische Physik und Computergestützte Physik. Ziel ist es, Einblick in die Forschungsgebiete zu bekommen und sich mit den gewählten Lehrveranstaltungen fachlich auf das Bachelorprojekt vorzubereiten.

Wählbar sind Lehrveranstaltungen mit einer Auswahl aus folgenden Fachbereichen und möglichen Inhalten:

- **Computational Physics:**  
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.
- **Computational Materials Physics:**  
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.
- **Klassische- und Quantenoptik:**  
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 Einzelphotondetektion, Bell-Experiment, Bell-Zustände.
- **Quanteninformation:**  
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, Quantum Communication Complexity, Quantengatter, Schaltkreise, Algorithmen: Deutsch-Josza, Einführung in die Quantenfehlerkorrektur.
- **Eine Auswahl von verschiedenen Vertiefungsthemen aus der Festkörperphysik:**
  - „Advanced Materials“:  
Halbleiter, Niedrigdimensionale Materialien, Supraleitung, Biomaterialien, magnetische Nanostrukturen, Magnonik, optische Materialien, Multiferroika.

- **Nanotechnologie:**

Nanostrukturierung, Quantentransport, Modellierung von Materialien und Nanostrukturen, Kleinwinkelstreuung, Holographie, Elektronenmikroskopie, optische Spektroskopie, sonstige Streumethoden.

- **Teilchenphysik:**

Teilchenklassifikation, historische Experimente; Symmetrien und Erhaltungssätze; Relativistische Kinematik; Berechnung von Zerfallsraten und Wirkungsquerschnitten, Feynman-Diagramme; Eichfeldtheorien, Lagrange-Formulierung, Eichgruppen  $U(1)$ ,  $SU(2)$ ,  $SU(3)$ ; Dirac-Spinoren und Photonen, Quantenelektrodynamik (QED); Quarks, Gluonen und Quantenchromodynamik (QCD); Schwache Wechselwirkung, Neutrinos, Higgs-Mechanismus und Standardmodell; Ausblick auf Physik jenseits des Standardmodells.

- **Relativitätstheorie:**

Spezielle Relativitätstheorie, Lorentz'sche Geometrie, Tensorrechnung, Elemente relativistischer Feldtheorie, Einführung in die allgemeine Relativitätstheorie.

- **Kernphysik:**

Quantenmechanische Behandlung der Kernmodelle (Fermigas, Schalenmodell), quantenfeldtheoretische Ansätze zur Beschreibung von Teilchen, Radioaktive Zerfälle, Interaktion von Strahlung mit Materie, Umweltradioaktivität, Dosimetrie, schwache Wechselwirkung, Neutrinophysik.

- **Aerosolphysik:**

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.

- **Weiche Materie und Biophysik:**

Physik weicher und komplexer Materialien sowie biologischer Systeme, mit besonderem Schwerpunkt auf dem Zusammenspiel von Struktur, Dynamik, Mechanik und Fluktuationen über verschiedene Längen- und Zeitskalen hinweg. Mögliche Themen umfassen: Kolloide, Polymere, Gele, Emulsionen, Schäume und aktive Materie; Viskoelastizität und Rheologie komplexer Flüssigkeiten und weicher Festkörper; thermische Fluktuationen, stochastische Dynamik und Nichtgleichgewichtsphänomene; Phasenverhalten und Selbstorganisation in Systemen weicher Materie; physikalische Prinzipien biologischer Materie, einschließlich Membranen, Zytoskelett-Netzwerken, Zellen und

	Gewebe; experimentelle, theoretische und rechnergestützte Ansätze, einschließlich Streuung, Mikroskopie, Rheologie und Multiskalenmodellierung.
<b>Modulstruktur</b>	Studierende absolvieren nach Maßgabe des Angebots prüfungsimmanente und/oder nicht-prüfungsimmanente Lehrveranstaltungen im Ausmaß von insgesamt 7 ECTS. Wählbar sind: VO zu je 3 ECTS, 2 SSt. (npi) VO zu je 4 ECTS, 3 SSt. (npi) VO zu je 7 ECTS, 5 SSt. (npi) VU zu je 3 ECTS, 2 SSt. (pi) VU zu je 4 ECTS, 3 SSt. (pi) VU zu je 7 ECTS, 5 SSt. (pi)  Die konkret für dieses Modul in Frage kommenden wählbaren Lehrveranstaltungen werden im Vorlesungsverzeichnis der Universität Wien bekanntgegeben.
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung von im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfungen (npi) und/oder prüfungsimmanenten Lehrveranstaltungen (pi) (insgesamt 7 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

#### h) Pflichtmodul „Wahllaborpraktikum“

<b>WLab</b>	<b>Wahllaborpraktikum</b> (Pflichtmodul)	<b>6 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	Mindestens 90 ECTS-Punkte aus den sechs Pflichtmodulgruppen PMG-StEOP, PMG-Math, PMG-EP, PMG-TP, PMG-Lab (inklusive EA) und PMG-Prog	
<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	WFach	

## Modulziele

Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse in einem selbst gewählten Forschungsgebiet der Fakultät für Physik aus den Bereichen Experimentalphysik, Theoretische/Mathematische Physik und Computergestützte Physik.

Ziel ist es, Fertigkeiten in einem der folgenden Bereiche zu vertiefen:

- Labortechnik und Einsatz spezieller Software zur Datenanalyse sowie Datenvisualisierung,
- Einsatz spezieller Software und numerische Algorithmen zur Modellierung physikalischer Systeme,
- fortgeschrittene theoretische Konzepte und Methoden sowie mathematische Strukturen.

Wählbar sind Laborkurse mit einer Auswahl folgender möglicher Inhalte:

- **Computational Physics:**  
Lösen von gewöhnlichen Differentialgleichungen (chaotische dynamische Systeme, molekuldynamische Simulationen), partieller Differentialgleichungen (Diffusionsgleichung, Schrödingergleichung, Eigenwertprobleme) und stochastische Prozesse (Monte-Carlo Simulationen, Langevingleichung).
- **Computergestützte Materialphysik:**  
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.
- **Klassische- und Quantenoptik:**  
Experimente der fortgeschrittenen Optik und elementaren Quantenoptik, z.B. Laser, optische Interferometer, Einzelphotonen, Experimente zur Photonenkorrelation und Kohärenz, interferometrische Sensoren, Polarisationsoptik.
- **Eine Auswahl von verschiedenen Vertiefungsthemen aus der Festkörperphysik:**
  - **„Advanced Materials“:**  
Halbleiter, Niedrigdimensionale Materialien, Supraleitung, Biomaterialien, magnetische Nanostrukturen, Magnonik, optische Materialien, Multiferroika.
  - **Nanotechnologie:**  
Nanostrukturierung, Quantentransport, Modellierung von Materialien und Nanostrukturen, Kleinwinkelstreuung, Holographie, Elektronenmikroskopie, optische Spektroskopie, sonstige Streumethoden.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kernphysik:</b> Kennenlernen von grundlegenden Phänomenen und Anwendungen der Alpha-, Beta-, und Gamma-Radioaktivität und von messtechnischen Methoden der Kernphysik; Auswertung, Interpretation und Präsentation der Messergebnisse.</li> <li>• <b>Aerosolphysik:</b> 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.</li> <li>• <b>Theoretische Physik:</b> Fortgeschrittene Themen der Quantenmechanik und Klassischen Mechanik; Theoretische Fragestellungen der Teilchenphysik und der Festkörperphysik; Mathematische Strukturen und Methoden (Gruppentheorie, Geometrie).</li> </ul> <p><b>Elektronische Messwerterfassung und Laborautomatisierung:</b> Studierende erwerben in diesem Praktikum einen Einblick in die Methoden der Steuerung von physikalischen Experimenten und der Datenaufnahme mittels Microcomputer: Programmieren; Hardwareprogrammierung; Digitalisierung von Signalen (ADCs und DACs); Moderne Bauteil-Schnittstellen; Grafische Benutzeroberfläche und Gerätesteuerung; Regeltechnik und Störsicherheit von Sensorsignalen; Aktoren.</p>
<b>Modulstruktur</b>	<p>LP zu „Wahllaborpraktikum“: 6 ECTS, 4 SSt. (pi)</p> <p>Die konkret für dieses Modul in Frage kommenden wählbaren Lehrveranstaltungen werden im Vorlesungsverzeichnis der Universität Wien bekanntgegeben.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung (pi) (6 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

i) Pflichtmodul „Erweiterung“

<b>EXT</b>	<b>Erweiterung</b> (Pflichtmodul)	<b>15 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	PMG-StEOP	
<b>Modulziele</b>	Die Studierenden erwerben je nach Interesse vertiefende Kenntnisse zu Fachbereichen der Physik oder erweiternde Kompetenzen, die ihr Studium sinnvoll ergänzen aus fachnahen Gebieten oder überfachliche Kompetenzen.	

<b>Modulstruktur</b>	<p>Die Studierenden absolvieren nach Maßgabe des Angebots prüfungsimmanente (pi) und/oder nicht-prüfungsimmanente (npi) Lehrveranstaltungen im Ausmaß von insgesamt 15 ECTS-Punkten aus den folgenden Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aus dem Bachelorstudium Physik an der Universität Wien alle nicht absolvierten Lehrveranstaltungen aus dem Pflichtmodul „Wahl-Fachbereiche“ (WFach),</li> <li>• Lehrveranstaltungen aus Bachelor-Curricula der Universität Wien oder anderer Universitäten mit technischem, mathematischem, naturwissenschaftlichem oder Informatik-Bezug,</li> <li>• Lehrveranstaltungen, in den überfachliche Kompetenzen erworben werden können oder gesellschaftspolitisch relevante Fragestellungen behandelt werden. Z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftliches Recherchieren, Schreiben, Präsentieren, Publizieren und Diskutieren aktueller Forschung in englischer Sprache,</li> <li>• Grundsätze zur Ausübung verantwortungsbewusster Forschung und guter wissenschaftlicher Praxis,</li> <li>• verantwortungsvoller Umgang mit generativer KI im wissenschaftlichen Kontext,</li> <li>• Auseinandersetzung mit Diversität und Chancengleichheit, Interkulturalität,</li> <li>• Vertiefung wissenschaftstheoretischer Fragestellungen und wissenschaftsgeschichtlicher Entwicklungen,</li> <li>• Coaching und Lernbegleitung von Studierendengruppen,</li> <li>• wissenschaftliche Kommunikation und Transfer</li> </ul> </li> </ul> <p>Die konkret für dieses Modul in Frage kommenden wählbaren Lehrveranstaltungen werden im Vorlesungsverzeichnis der Universität Wien bekanntgegeben.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung aller im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfungen (npi) und/oder prüfungsimmanenten (pi) Lehrveranstaltungen (insgesamt 15 ECTS)
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch

j) Pflichtmodul „Bachelorprojekt“

<b>BAPR</b>	<b>Bachelorprojekt</b> (Pflichtmodul)	<b>8 ECTS-Punkte</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung</b>	mindestens 90 ECTS-Punkte aus den sechs Pflichtmodulgruppen PMG-SEOP, PMG-Math, PMG-EP, PMG-TP, PMG-Lab (inklusive GEA) und PMG-Prog	

<b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung</b>	WFach und/oder WLab
<b>Modulziele</b>	<p>Im Rahmen des Bachelorprojekts erwerben die Studierenden grundlegende Kompetenzen im wissenschaftlichen Arbeiten und Dokumentieren. Sie lernen, wissenschaftliche Literatur systematisch zu recherchieren, kritisch zu analysieren und korrekt zu zitieren, wissenschaftliche Texte strukturiert zu verfassen, Inhalte adressatengerecht zu präsentieren sowie generative KI-Tools reflektiert und verantwortungsvoll einzusetzen. Die Studierenden bearbeiten selbständig eine spezielle wissenschaftliche Fragestellung in einer kleinen Projektgruppe. Sie vertiefen dazu ihre Kenntnisse in einem selbst gewählten Themengebiet der aktuellen Forschung an der Fakultät für Physik, erlernen die sinnvolle Anwendung geeigneter Methoden (Labortechnik, Einsatz spezieller Software etc.) sowie die Auswertung, Darstellung und Kommunikation gewonnener Erkenntnisse. Die Ergebnisse des Bachelorprojektes sind in schriftlicher Form als Bachelorarbeit zusammen zu fassen und in mündlicher Form zu präsentieren.</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• strukturiert ein Thema im wissenschaftlichen Kontext zu bearbeiten,</li> <li>• sich die dazu notwendige fachliche Vertiefung und Umgang mit moderner Software und Labortechnik anzueignen,</li> <li>• sich mit der Fachliteratur dazu kritisch auseinander zu setzen,</li> <li>• die Ergebnisse schriftlich darzustellen, zu kommunizieren und präsentieren,</li> <li>• einen kritischen Umgang mit generativer KI im Kontext wissenschaftlichen Arbeitens und Schreibens zu pflegen.</li> </ul>
<b>Modulstruktur</b>	<p>SE zu „Wissenschaftliches Schreiben und Präsentieren“: 1 ECTS, 1 SSt. (pi)</p> <p>KU zu „Bachelorprojekt“: 7 ECTS, 4 SSt. (pi)</p> <p>Die konkret für dieses Modul in Frage kommenden wählbaren Lehrveranstaltungen werden im Vorlesungsverzeichnis der Universität Wien bekanntgegeben.</p>
<b>Leistungs-nachweis</b>	Erfolgreiche Absolvierung der im Modul vorgesehenen prüfungsimmanenten Lehrveranstaltungen (pi) (8 ECTS)

## § 6 Bachelorarbeit

Die Bachelorarbeit ist im Rahmen der Lehrveranstaltung Bachelorprojekt im Modul „Bachelorprojekt“ (BAPR) zu verfassen.

## § 7 Mobilität im Bachelorstudium

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)** 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 mit integrierten Übungen (VU)** verbinden die Vermittlung von Fach- und/oder Methodenwissen im Vorlesungsteil mit dessen 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 Lernziele ist auch Selbststudium außerhalb der Lehrveranstaltungszeit erforderlich. Der Leistungsnachweis erfolgt auf Grund mehrerer schriftlicher oder mündlicher, während der Lehrveranstaltung erbrachter Teilleistungen der Teilnehmer\*innen oder über die Durchführung und Abgabe selbstständig bearbeiteter Arbeitsaufgaben in Kombination mit einer Abschlussprüfung in schriftlicher oder mündlicher Form.

Der\*Die Studienprogrammleiter\*in kann auf Grundlage des § 12 Abs 7 Satzungsteil Studienrecht im Einvernehmen mit dem Rektorat und der\*dem Studienpräses für Vorlesungen mit integrierten Übungen (VU) dieses Curriculums eine einheitliche Rahmenregelung zur Anwesenheitspflicht und zur Verbesserung von Teilleistungen festlegen. Die Studienkonferenz ist dazu anzuhören. Die festgelegte Regelung ist im Lehrveranstaltungsverzeichnis (u:find) zu veröffentlichen.

**Übungen (UE)** dienen der Anwendung von bereits erworbenem Wissen sowie der Einübung von Fertigkeiten, die für die Erreichung der Lernziele benötigt werden. Dies geschieht anhand von selbständigem Arbeiten oder Teamarbeit der Studierenden an konkreten Aufgaben und Problemstellungen, wobei die Studierenden in angemessenem Ausmaß zur Mitarbeit und zum eigenständigen Lösen konkreter Aufgaben außerhalb der Lehrveranstaltungszeit angehalten sind. Für den Leistungsnachweis werden mehrere unabhängige schriftliche oder mündliche Teilleistungsfeststellungen herangezogen. Diese können u.a. in Form von Abgaben von selbständig bearbeiteten Arbeitsaufgaben, Kurztests in den Lehrveranstaltungseinheiten sowie als aktive Mitarbeit erbracht werden.

Der\*Die Studienprogrammleiter\*in kann auf Grundlage des § 12 Abs 7 Satzungsteil Studienrecht im Einvernehmen mit dem Rektorat und der\*dem Studienpräses für Übungen (UE) dieses Curriculums eine einheitliche Rahmenregelung zur Anwesenheitspflicht und zur Verbesserung von Teilleistungen festlegen. Die Studienkonferenz ist dazu anzuhören. Die festgelegte Regelung ist im Lehrveranstaltungsverzeichnis (u:find) zu veröffentlichen.

**Seminare (SE)** 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 Hörer\*innen verständlichen Vortrag darüber zu berichten. Die Beurteilung erfolgt auf Grund mehrerer schriftlicher oder mündlicher, während der Lehrveranstaltung erbrachter Leistungen der Teilnehmer\*innen.

**Kurse (KU)** dienen der Vermittlung physikalischer Inhalte in einem breiteren Kontext, etwa aus historischer, philosophischer oder genderspezifischer Perspektive, oder mit Bezug auf die Bedeutung der Physik für die Gesellschaft oder für angrenzende Wissenschaften. Sie stellen eine freie Form dar, die vorlesungsartige Teile sowie Beiträge von Studierenden und Diskussionen sowie praktische Anteile beinhalten kann. Die Leistungsbeurteilung erfolgt in mehreren Teilleistungen.

**Laborpraktika (LP)** stellen eine ergänzende Form von Lehrveranstaltungen zu Vorlesungen zur Vertiefung praktischer Fertigkeiten und Kenntnisse dar, insbesondere des experimentellen und computergestützten Arbeitens. Die Beurteilung erfolgt auf Grund mehrerer schriftlicher oder mündlicher, während der Lehrveranstaltung erbrachter Leistungen der Teilnehmer\*innen.

## § 9 Teilnahmebeschränkungen und Anmeldeverfahren

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

Übungen (UE)	30
Laborpraktika in PMG-Lab	12
Vorlesung verbunden mit Übung (VU), Übungsteil	30
Vorlesung verbunden mit Übung (VU) im Pflichtmodul GEA	64
Laborpraktika im Pflichtmodul WLab	12
Seminar (SE) zu „Wissenschaftliches Schreiben und Publizieren“ im Pflichtmodul BAPR	50
Kurs (KU) zu „Bachelorprojekt“ im Pflichtmodul BAPR	8
Kurs (KU) zu „Forschung und Studium in Physik“ im Pflichtmodul STEOP3	300

(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\*Der Leiter\*in 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 2026 in Kraft.

## § 12 Übergangsbestimmungen

(1) Dieses Curriculum gilt für alle Studierenden, die ab Wintersemester 2026/27 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\*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 (Version 2018) (MBL. vom 26.06.2018, 35. Stück, Nr. 183 idgF) unterstellt waren, sind berechtigt, ihr Studium bis längstens 31.10.2029 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

Empfohlener Pfad durch das Studium:

Sem.	Modul	Lehrveranstaltung	ECTS	$\Sigma$ ECTS
1.	STEOP1	VO zu „Experimentalphysik 1“	5	
		UE zu „Experimentalphysik 1“	3	
	STEOP2	VO zu „Physikalische Rechenmethoden“	5	
		UE zu „Physikalische Rechenmethoden“	3	
	STEOP3	KU zu „Forschung und Studium in Physik“	2	
	LA	VU zu „Lineare Algebra 1“	4	
	ANA1	VO zu „Analysis 1“	5	
		UE zu „Analysis 1“	3	
				30
2.	EP2	VO zu „Experimentalphysik 2“	5	
		UE zu „Experimentalphysik 2“	3	
	TP1	VO zu „Theoretische Physik 1“	5	
		UE zu „Theoretische Physik 1“	3	
	LA	VU zu „Lineare Algebra 2“	4	
	ANA2	VO zu „Analysis 2“	5	
		UE zu „Analysis 2“	3	
	GEA	VU zu „Grundlagen des Experimentellen Arbeitens“	2	
				30
3.	LP1	LP zu „Laborpraktikum 1“	5	
	TP2	VO zu „Theoretische Physik 2“	5	
UE zu „Theoretische Physik 2“		3		
	ANA3	VO zu „Analysis 3“	5	
		UE zu „Analysis 3“	3	
	PROG	VU zu „Grundlagen der Programmierung“	6	
	WST	VU zu „Wahrscheinlichkeitstheorie & Statistik“	4	
				31
4.	EP3	VO zu „Experimentalphysik 3“	5	
		UE zu „Experimentalphysik 3“	3	

	TP3	VO zu „Theoretische Physik 3“	5	
		UE zu „Theoretische Physik 3“	3	
	LP2	LP zu „Laborpraktikum 2“	8	
	SCDS	VU zu „Scientific Computing & Data Science“	6	
				30
5.	EP4	VO zu „Experimentalphysik 4“	5	
		UE zu „Experimentalphysik 4“	3	
	TP4	VO zu „Theoretische Physik 4“	5	
		UE zu „Theoretische Physik 4“	3	
	WFach	Lehrveranstaltungen nach Wahl	7	
	EXT	Lehrveranstaltungen nach Wahl	7	
				30
6.	TP5	VO zu „Theoretische Physik 5“	4	
		UE zu „Theoretische Physik 5“	3	
	WLab	LP zu „Wahl-Laborpraktikum“	6	
	EXT	Lehrveranstaltungen nach Wahl	8	
	BAPR	KU zu „Bachelorprojekt“	7	
		SE zu „Wissenschaftliches Schreiben und Präsentieren“	1	
				29

Englische Übersetzung der Titel der Module:

Deutsch	English
Pflichtmodulgruppe „Studieneingangs- und Orientierungsphase“	Group of compulsory modules “Introductory and Orientation Period”
Experimentalphysik 1: Klassische Mechanik und Thermodynamik (Pflichtmodul)	Experimental Physics I: Classical Mechanics and Thermodynamics (compulsory module)
Physikalische Rechenmethoden (Pflichtmodul)	Introduction to Calculus (compulsory module)
Forschung und Studium in Physik (Pflichtmodul)	Research and Studies in Physics (compulsory module)
Pflichtmodulgruppe „Mathematische Grundlagen“	Group of compulsory modules „Mathematical Foundations“

Lineare Algebra (Pflichtmodul)	Linear Algebra (compulsory module)
Analysis 1 (Pflichtmodul)	Analysis 1 (compulsory module)
Analysis 2 (Pflichtmodul)	Analysis 2 (compulsory module)
Analysis 3 (Pflichtmodul)	Analysis 3 (compulsory module)
Wahrscheinlichkeitstheorie & Statistik (Pflichtmodul)	Probability Theory and Statistics (compulsory module)
<b>Pflichtmodulgruppe „Experimentalphysik“</b>	<b>Group of compulsory modules „Experimental Physics“</b>
Experimentalphysik 2: Optik, Elektromagnetismus, Relativität (Pflichtmodul)	Experimental Physics II: Optics, Electromagnetism and Relativity (compulsory module)
Experimentalphysik 3: Quantenmechanik, Atom- und Kernphysik (Pflichtmodul)	Experimental Physics 3: Quantum Mechanics, Atomic and Nuclear Physics (compulsory module)
Experimentalphysik 4: Kondensierte Materie (Pflichtmodul)	Experimental Physics 4: Condensed Matter (compulsory module)
<b>Pflichtmodulgruppe „Experimentelle Grundausbildung“</b>	<b>Group of compulsory modules „Basic Experimental Training“</b>
Grundlagen des Experimentellen Arbeitens (Pflichtmodul)	Fundamentals of Experimental Methods (compulsory module)
Laborpraktikum 1 (Pflichtmodul)	Introductory Physics Lab Course 1 (compulsory module)
Laborpraktikum 2 (Pflichtmodul)	Introductory Physics Lab Course 2 (compulsory module)
<b>Pflichtmodulgruppe „Theoretische Physik“</b>	<b>Group of compulsory modules „Theoretical Physics“</b>
Theoretische Physik 1: Klassische Mechanik (Pflichtmodul)	Theoretical Physics 1: Classical Mechanics (compulsory module)
Theoretische Physik 2: Elektrodynamik (Pflichtmodul)	Theoretical Physics 2: Electrodynamics (compulsory module)
Theoretische Physik 3: Quantenmechanik 1 (Pflichtmodul)	Theoretical Physics 3: Quantum Mechanics 1 (compulsory module)
Theoretische Physik 4: Thermodynamik und Statistische Mechanik (Pflichtmodul)	Theoretical Physics 4: Thermodynamics and Statistical Physics (compulsory module)
Theoretische Physik 5: Quantenmechanik 2 (Pflichtmodul)	Theoretical Physics 5: Quantum Mechanics 2 (compulsory module)

Pflichtmodulgruppe „Programmierung und Numerik“	Group of compulsory modules „Programming and Numerical Methods“
Grundlagen der Programmierung (Pflichtmodul)	Fundamentals of Programming (compulsory module)
Scientific Computing & Data Science (Pflichtmodul)	Scientific Computing & Data Science (compulsory module)
„Erweiterung“ (Pflichtmodul)	„Extension“ (compulsory module)
„Wahl-Fachbereiche“ (Pflichtmodul)	„Elective Subject Areas“ (compulsory module)
„Wahllaborpraktikum“ (Pflichtmodul)	„Elective Lab Course“ (compulsory module)
„Bachelorprojekt“ (Pflichtmodul)	„Bachelor’s Project“ (compulsory module)

Im Namen des Senates:  
Der Vorsitzende der Curricularkommission  
L ü f t e n e g g e r