

Fakultät für Physik und Astronomie

**Modulhandbuch**  
zu dem Studiengang  
**Bachelor of Science (B.Sc.) in Physik**

**PO 2023**

der Ruhr-Universität Bochum

WS 23/24

Stand 09.10.2023

Der Studiengang Bachelor of Science in Physik hat eine Regelstudienzeit von 6 Semestern und einen Gesamtumfang von 180 Kreditpunkten (CP). Das Studium ist in verschiedene Bereiche aufgeteilt. Pflichtmodule im Umfang von 109 CP umfassen die Grundlagen der experimentellen und theoretischen Physik, das Grundpraktikum, die Mathematik sowie fachorientierte Schlüsselkompetenzen. Für eine erste Schwerpunktsetzung müssen zwei Wahlpflichtmodule (18 CP) inkl. begleitender Versuche aus dem Fortgeschrittenen-Praktikum (FP) aus unterschiedlichen Fachgebieten gewählt werden. 28 CP können im freien Wahlbereich aus einer großen Zahl an Modulen individuell gewählt werden. Eine Auflistung der zugelassenen Module befindet sich in diesem Modulhandbuch. Das Studium wird abgeschlossen mit der Bachelorarbeit.

Die Einteilung der 180 zu absolvierenden CP in die Module im Physikstudium ist in der nachstehenden Tabelle veranschaulicht:

Bachelor of Science	Semester	Experimentalphysik	Praktikum	Theoretische Physik	Mathematik	Wahlpflichtmodul A	Wahlpflichtmodul B	Freier Wahlbereich	Fachorientierte Schlüsselkompetenzen	Bachelorarbeit
		28 CP	16 CP	28 CP	27 CP	9 CP	9 CP	28 CP	10 CP	25 CP
Grundlagen	1	Physik I (Mechanik, Wärmelehre) 7 CP	Praktikum 12 CP	Mathematische Methoden 8 CP	Mathematik I 9 CP			z.B. Modul aus Chemie od. Informatik		
	2	Physik II (Elektrizitätslehre, Optik) 7 CP		Klassische Theoretische Physik (Mechanik, Elektrodynamik) 14 CP (inkl. mündl. Prüfung 2 CP)	Mathematik II 9 CP			z.B. Präsentation physikalischer Inhalte		
	3	Physik III (Quantenphysik) 14 CP (inkl. mündl. Prüfung 2 CP)		Quantenmechanik 6 CP	Mathematik III 9 CP			z.B. Grundlagen der Astronomie		
	4	SOWAS-Praktikum 4 CP			z.B. vertiefendes Modul aus der Mathematik					
Vertiefung	5	Mobilitätsfenster im 5. Semester				1 VL + 3FP (4. oder 5. Semester) 9 CP	1 VL + 3FP (4. oder 5. Semester) 9 CP	z.B. vertiefendes Modul aus der Theorie	Lerngruppenleitung (3. oder 4. Semester) 5 CP	
	6								Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten (Forschendes Lernen) 5 CP	Methodenkenntnis und Projektplanung - 13 CP

### Legende

<span style="color: green;">■</span> Module Experimentalphysik	<span style="color: darkblue;">■</span> Module Theoretische Physik
<span style="color: orange;">■</span> Module Praktikum	<span style="color: red;">■</span> Module Mathematik
<span style="color: grey;">■</span> Wahlpflichtmodule	<span style="color: yellow;">■</span> Wahlmodule
<span style="color: olive;">■</span> Module Schlüsselkompetenzen (Pflicht)	<span style="color: maroon;">■</span> Abschlussarbeit und vorbereitende Module

Weitere Informationen befinden sich auf den Webseiten der Fakultät

- Prüfungsordnung:
- Studienverlaufsplan

## Dieses Modulhandbuch gliedert sich wie folgt:

1. Beratungs- und Informationsangebote
2. Studienplan (Bachelor)
3. Modularisierungskonzept und Prüfungsformen
4. Liste der einzelnen Pflicht- und Wahlpflichtmodule

### 1. Beratungs- und Informationsangebote an der Fakultät für Physik und Astronomie

Bei Fragen im Zusammenhang mit dem Fach Physik wenden Sie sich bitte an die Studienfachberatung Physik. Diese bietet an fünf Tagen pro Woche Termine an. Es werden keine regelmäßigen Sprechzeiten angeboten, daher müssen sie persönlich, per Telefon oder per Mail vorab einen Termin vereinbaren.

Unser **Studienfachberater** für alle Bachelor-Studiengänge:



**Dr. Dirk Meyer**

NBCF 04/595

Tel.: 0234-32-23198

studienberater@physik.rub.de

Sprechstunde: nach Vereinbarung

Für Studierende im 1. Studienjahr bietet die Fakultät Einführungsveranstaltungen an. Die im Fachschaftsrat Physik organisierten Studierendenvertreter\*innen bieten ergänzende Beratungsangebote. Außerdem empfehlen wir dringend die Teilnahme an den Lerngruppen und den Aktivitäten des Studiennetzwerks.

Für Studierende im 3. Studienjahr veranstaltet die Fakultät eine Informationsveranstaltung rund um die Anmeldung zur Bachelorarbeit. Hier haben alle Studierenden die Möglichkeit sich über mögliche Themen an den einzelnen Lehrstühlen zu informieren.

Allgemeine Informationen sowie Formblätter werden im Moodlekurs „Physikstudium-Info“ zur Verfügung gestellt.

## 2. Studienplan Bachelor:

Modul	Beschreibung	Semester	Modulabschluss
Modul 1 7 CP	Physik I	1.	benotet, über eine Modulabschlussklausur
Modul 2 7 CP	Physik II	2.	benotet, über eine Modulabschlussklausur
Modul 3 14 CP	Physik III	3.+4.	benotet, über eine mündliche Modulabschlussprüfung
Modul 4 12 CP	Praktikum (PO 2023)	1.-3.	benotet über Protokolle und Kolloquium
Modul 4a 4 CP	SOWAS- Praktikum	4.	benotet, über Poster und Präsentation
Modul 5 8 CP	Mathematische Methoden	1.+2.	unbenotet, über eine Modulabschlussklausur
Modul 6 14 CP	Klassische Theoretische Physik	2.+3.	benotet, über eine mündliche Modulabschlussprüfung
Modul 7 6 CP	Quantenmechanik	4.	benotet, über eine Modulabschlussklausur
Modul 8 9 CP	Mathematik I	1.	benotet, über eine Modulabschlussklausur
Modul 9 9 CP	Mathematik II	2.	benotet, über eine Modulabschlussklausur
Modul 10 9 CP	Mathematik III	3.	benotet, über eine Modulabschlussklausur
Modul 11 5 CP	Lerngruppenleitung	3. oder 4.	unbenotet, über aktive Teilnahme
Modul 12 5 CP	Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten	6.	unbenotet, über aktive Teilnahme und praktische Übungen
Modul 13 13 CP	Methodenkenntnis und Projektplanung (B.Sc).	6.	unbenotet, über aktive Teilnahme
Modul 14 12 CP	Bachelorarbeit	6.	benotet, über zwei Gutachten

Modul 15.x (Schwerpunkt Module) 2 x 9 CP	Zwei Wahlpflichtmodule aus unterschiedlichen Fachgebieten (Astrophysik, Biophysik, Festkörperphysik, Kern- und Teilchenphysik oder Plasmaphysik), die jeweils aus der theoretischen oder experimentellen Physik sein können. Jedes Modul besteht aus einer Vorlesung mit Übung sowie Versuchen aus dem Fortgeschrittenen-Praktikum aus dem jeweiligen Fachgebiet.	4.+5.	benotet, die erbrachten Teilleistungen gehen gewichtet mit den CP in die Modulnote ein.  Es müssen nur zwei der Module 15a bis 15h (nach Wahl) absolviert werden, wobei zwei unterschiedliche Fachgebiete gewählt werden müssen.
Module 16.x (Freier Wahlbereich) $\Sigma 28$ CP	Wahlmodule im Umfang von 28 CP	1.-6.	benotet, über eine Modulabschlussklausur, mündliche Modulabschlussprüfung, Seminarvortrag, studienbegleitende Übungen und aktive Beteiligung, Protokolle, praktische Übungen oder Hausarbeit

### 3. Modularisierungskonzept und Prüfungsformen:

Prüfungsleistungen können in Form einer Klausur, einer mündlichen Prüfung, eines Seminarbeitrags, eines Referats oder einer Präsentation, einer Hausarbeit, eines schriftlichen Berichts, einer Projektarbeit, einer praktischen Übung oder einer Übung erbracht werden. Die Prüfungsform je Modul ist den Modulbeschreibungen zu entnehmen. Im Fall von alternativen Möglichkeiten wird zu Beginn des Moduls eine Prüfungsform vom Lehrenden festgelegt.

Alle Module werden mit einer Prüfungsleistung abgeschlossen. Unbenotet bleiben die Pflichtmodule „Mathematische Methoden“, „Lerngruppenleitung“, „Methodenkenntnis und Projektplanung“ und „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“. Die Gesamtnote der Bachelor-Prüfung ergibt sich als mit CP gewichtetes arithmetisches Mittel aller benoteten Modulprüfungen einschließlich der Bachelor-Arbeit, ausgenommen jeweils eines der Module „Physik I“ oder „Physik II“ und Mathematik I“ oder „Mathematik II“. Dabei wird die jeweils bessere Note in die Berechnung einbezogen.

Es wird dringend empfohlen, alle Pflicht- und Wahlpflichtmodule in den angegebenen Semestern zu studieren. Falls eine Abweichung notwendig ist, ist vorab ein Beratungsgespräch mit Dr. Meyer sehr sinnvoll.

Das jeweils aktuelle Veranstaltungsangebot der Fakultät für Physik und Astronomie finden Sie tagesaktuell in CampusOffice.

Alle Prüfungen an der Fakultät finden in fest vorgegebenen Prüfungsperioden statt. Die erste Prüfungsperiode liegt am Ende der Vorlesungszeit, die zweite zum Ende der Vorlesungszeit. Eine Ausnahme bildet das erste Studienjahr. Dort finden die Wiederholungsprüfungen in der Regel vor dem Blockpraktikum statt.

Wenn man eine Prüfung nicht bestanden hat, darf man sie in der Regel drei Mal wiederholen. Achtung: vor dem letzten Prüfungsversuch muss allerdings ein Antrag gestellt werden. Bitte nimmt umgehend Kontakt mit der Studienfachberatung auf, wenn ihr dreimal die gleiche Prüfung nicht bestanden habt.

In den Modulen „Physik I“, „Physik II“ und „Mathematische Methoden“, „Mathematik I“, „Mathematik II“ und „Mathematik III“ werden als Instrument der freiwilligen Selbstkontrolle zusätzlich zur regulären Modulprüfung sog. „Freiwillige Selbstkontroll-Prüfungen“ (FSP) angeboten. Die FSP sind bezüglich ihrer Durchführung mit den Modulprüfungen im jeweiligen Modul identisch. Die Anmeldung zu den FSP kann jeweils nur einmalig pro Modul erfolgen. Die FSP kann nur in dem Fachsemester angemeldet werden, in dem das Modul gemäß Modulhandbuch belegt werden soll (z.B. Physik I im ersten Fachsemester, Physik II im zweiten Fachsemester). Die Bewertung der FSP-Ergebnisse erfolgt gemäß § 12 Abs. 1. Das Ergebnis einer FSP kann nachträglich als Modulprüfung anerkannt werden, wenn sie der erste Prüfungsversuch im jeweiligen Modul war. Eine solche nachträgliche Anerkennung ist durch die bzw. den Studierenden vor Beginn der nächsten Modulprüfung beim Prüfungsamt zu beantragen.

Übersetzt heißt das, dass man in den Pflichtmodulen im ersten Studienjahr jeweils einen fünften Prüfungsversuch erhält, wenn man gemäß Studienverlauf die Module studiert.

## 4. Liste der einzelnen Module

### Module 1-14 (Pflichtmodule)

• Modul 1 Physik I (Mechanik, Wärmelehre) .....	8
• Modul 2 Physik II (Elektrizitätslehre, Optik) .....	9
• Modul 3 Physik III (Quantenphysik) .....	10
• Modul 4a Praktikum.....	12
• Modul 4b SOWAS-Praktikum.....	14
• Modul 5 Mathematische Methoden.....	16
• Modul 6 Klassische Theoretische Physik (Mechanik und E-Dynamik).....	17
• Modul 7 Quantenmechanik.....	19
• Modul 8 Mathematik I Physik.....	20
• Modul 9 Mathematik II Physik.....	21
• Modul 10 Mathematik III Physik .....	23
• Modul 11 Lerngruppenleitung .....	24
• Modul 12 Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten .....	25
• Modul 13 Methodenkenntnis und Projektplanung (B.Sc.) .....	26
• Modul 14 Bachelorarbeit .....	27

### Modul 15 (Wahlpflichtmodule für die Schwerpunkte in alphabetischer Reihenfolge)

• Modul 15a Einführung in die Astrophysik .....	28
• Modul 15b Einführung in die Biophysik.....	29
• Modul 15c Einführung in die Festkörperphysik.....	30
• Modul 15d Einführung in die Kern- und Teilchenphysik .....	31
• Modul 15e Einführung in die Plasmaphysik .....	33
• Modul 15f Einführung in die theoretische Astrophysik .....	35
• Modul 15g Einführung in die theoretische Festkörperphysik.....	37
• Modul 15h Einführung in die theoretische Plasmaphysik.....	39

### Modul 16 (Wahlmodule für den freien Wahlbereich in alphabetischer Reihenfolge)

• Modul 16a Allgemeine Relativitätstheorie .....	40
• Modul 16b Analogelektronik .....	41
• Modul 16c Computational Physics I.....	42
• Modul 16d Computational Physics II .....	43
• Modul 16e Digitalelektronik.....	44
• Modul 16f Einführung in die mathematischen Hilfsmittel der Physik (Physik-Vorkurs).....	
• Modul 16g Einstieg in wissenschaftliche Forschungsmethoden (EASTER).....	
• Modul 16h Grundlagen der Astronomie .....	45
• Modul 16i Instrumente und Beobachtungsmethoden in der Astronomie/Astrophysik ...	46
• Modul 16j Mathematik IV .....	48
• Modul 16k Medizinische Physik I.....	49
• Modul 16l Medizinische Physik II.....	50
• Modul 16m Meet Your Future - Karriere-Perspektiven für Physikstudierende	
• Modul 16n Messmethoden der Physik.....	51
• Modul 16o Präsentation physikalischer Inhalte.....	52
• Modul 16p Python for Physics	
• Modul 16q Quantenmechanik II.....	53
• Modul 16r Scientific English.....	54
• Modul 16s Thermodynamik und Statistische Physik.....	55
• Modul 16t Theoretisches Minimum .....	57
• Modul 16z Liste weiterer Module .....	58

<b>Physik I (Mechanik, Wärmelehre)</b>					
<b>Modul 1</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	7 CP	210 h	1. Sem.	WiSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Physik I (Mechanik, Wärmelehre)			a) 55 h	122 h	Studierende
b) zentrale Übung zur Physik I			b) 11 h		a) unbegrenzt
c) Lerngruppen zur Physik I			c) 22 h		b) unbegrenzt c) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> Die Teilnahme am Physik-Vorkurs wird empfohlen.					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die Grundkonzepte der Physik und die Bedeutung von Experimenten und mathematischen Beschreibungen physikalischer Probleme aus den Bereichen Mechanik und Wärmelehre</li> <li>• sind Studierende in der Lage, physikalische Sachverhalte aus den Bereichen Mechanik und Wärmelehre mit adäquaten Begriffen zu kommunizieren</li> <li>• haben Studierende anhand historischer Beispiele Einblick in die Wege der Erkenntnisgewinnung in den Bereichen Mechanik und Wärmelehre</li> <li>• wenden Studierende physikalische Konzepte aus den Bereichen Mechanik und Wärmelehre auf konkrete Problemstellungen an</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
- Klassische Mechanik: Kinematik, Dynamik, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls, Leistung, Reibung, Drehimpuls, Drehmoment, Gravitation, Trägheitskräfte, starrer Körper, Hydrodynamik, Schwingungen					
- Thermodynamik: Wärme und Temperatur, Hauptsätze der Thermodynamik, kinetische Theorie, Wärmeleitung und Diffusion, Entropie, Wärmekraftmaschinen, Aggregatzustände und Phasenübergänge					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, zentrale Übung, Lerngruppe					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 180 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur. Sie besteht aus zwei Teilklausuren, die am Ende der „Mechanik“ und am Ende der „Wärmelehre“ geschrieben werden. Die Gesamtnote für den Leistungsnachweis ergibt sich aus dem arithmetischen Mittelwert der Ergebnisse der beiden Teilklausuren (Bestehensgrenze: Mittelwert $\geq 50\%$ ). Wenn eine Teilklausur (z.B. aus Krankheitsgründen) nicht geschrieben werden kann oder in der Summe weniger als 50 % der Klausurpunkte erworben werden, besteht die Möglichkeit, den Leistungsnachweis in einer Nachhol-Klausur zum Ende des Semesters zu erwerben. Sie deckt den gesamten Stoffumfang der Vorlesung ab.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> ggf. Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Fritsch					
<b>Sonstige Informationen</b>					



<b>Physik II (Elektrizitätslehre, Optik)</b>					
<b>Modul 2</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	7 CP	210 h	2. Sem.	SoSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Physik II (Elektrizitätslehre, Optik)			a) 55 h	122 h	Studierende
b) zentrale Übung zur Physik II			b) 11 h		a) unbegrenzt
c) Lerngruppen zur Physik II			c) 22 h		b) unbegrenzt c) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die Grundkonzepte der Physik und die Bedeutung von Experimenten und mathematischen Beschreibungen physikalischer Probleme aus den Bereichen Elektrizitätslehre und Optik</li> <li>• sind Studierende in der Lage, physikalische Sachverhalte aus den Bereichen Elektrizitätslehre und Optik mit adäquaten Begriffen zu kommunizieren</li> <li>• haben Studierende anhand historischer Beispiele Einblick in die Wege der Erkenntnisgewinnung in den Bereichen Elektrizitätslehre und Optik</li> <li>• wenden Studierende physikalische Konzepte aus den Bereichen Elektrizitätslehre und Optik auf konkrete Problemstellungen an</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrizitätslehre: Elektrostatik: Ladung, Leiter, Nichtleiter, Coulomb-Gesetz, elektrisches Feld, Dipol, Gauß'sches Gesetz, Spannung, Potenzial, Kondensatoren, Dielektrika, elektrische Ströme: Ohm'sches Gesetz, Widerstand, Gleichspannungskreise, Kirchhoff'sche Regeln, elektr. Arbeit, Leistung, RC-Kreis, Magnetisches Feld: Quellen, Ampere'sches Gesetz, Materie im Magnetfeld, Kräfte im Magnetfeld, Induktion, Lenz'sche Regel, Wechselstromkreise: Induktivität, Schwingkreise, Zeigerdiagramme, Wechselstromwiderstände, Leistung, Effektivwerte, Transformatoren, Maxwell-Gleichungen, elektromagnetische Wellen</li> <li>- Optik: Ausbreitung und Natur des Lichts: Wellen, Strahlen, Reflexion, Brechung, Fermat'sches Prinzip, Huygens'sches Prinzip, Dispersion, Polarisation, Geometrische Optik: Spiegel, Linsen, Abbildungsfehler, optische Instrumente, Interferenz und Beugung: Kohärenz, dünne Schichten, Doppelspalt, Gitter, Einzelspalt, Auflösungsbegrenzung, Holographie</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, zentrale Übung, Lerngruppe					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 180 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur. Sie besteht aus zwei Teilklausuren, die am Ende der „Elektrizitätslehre“ und am Ende der „Optik“ geschrieben werden. Die Gesamtnote für den Leistungsnachweis ergibt sich aus dem arithmetischen Mittelwert der Ergebnisse der beiden Teilklausuren (Bestehensgrenze: Mittelwert $\geq 50\%$ ). Wenn eine Teilklausur (z.B. aus Krankheitsgründen) nicht geschrieben werden kann oder in der Summe weniger als 50 % der Klausurpunkte erworben werden, besteht die Möglichkeit, den Leistungsnachweis in einer Nachhol-Klausur zum Ende des Semesters zu erwerben. Sie deckt den gesamten Stoffumfang der Vorlesung ab.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> ggf. Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Fritsch					
<b>Sonstige Informationen</b>					

<b>Physik III (Quantenphysik)</b>					
<b>Modul 3</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	14 CP	420 h	3. & 4. Sem.	WiSe & SoSe	2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Physik III (Quantenphysik) b) Übung zur Physik III			<b>Kontaktzeit</b> a) 88 h b) 44 h	<b>Selbststudium</b> 288 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse aus Physik I und II sind wünschenswert <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis der Atom- und Quantenphysik und können die Begrifflichkeiten der Quantenphysik von der der klassischen Physik abgrenzen</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten statistischer Methoden zur Beschreibung makroskopischer Phänomene bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Festkörper- und Kernphysik und ihrer technischen Anwendungen (z.B. Radioaktivität und Strahlenwirkungen)</li> <li>• kennen Studierende die Systematik der Elementarteilchen und sind mit den Grundaufbau der Materie vertraut</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen den Teilbereichen der Physik erkennen und physikalische Konzepte auf unbekannt Problemstellungen anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entwicklung der Atomvorstellung: Atomismus von Materie, Atom-Masse, -Größe; Elektron, Masse und Größe; einfache Atommodelle</li> <li>2. Entwicklung der Quantenphysik: Teilchencharakter von Photonen (Hohlraumstrahlung, Photoeffekt, Compton-Effekt), Wellencharakter von Teilchen (Materiewellen, Wellenfunktion, Unbestimmtheitsrelation), Atommodelle (Linienstrahlung, Bohr'sches Atommodell), Quanteninterferenz</li> <li>3. Einführung in die Quantenmechanik: Schrödingergleichung, Anwendungen Schrödingergleichung (freie Teilchen, Kastenpotential, Harmonischer Oszillator, Kugelsymmetrische Potentiale)</li> <li>4. Wasserstoffatom: Schrödingergleichung für das Wasserstoffatom (Lösung des Radialteils, Quantenzahlen), H-Atom im Magnetfeld (normaler Zeeman-Effekt, Elektronenspin, Feinstruktur, anomaler Zeeman-Effekt), komplette Beschreibung H-Atom (Hyperfeinstruktur, Relativistische Korrekturen)</li> <li>5. Mehrelektronen-Atome: Pauli-Prinzip; Helium-Atom; Periodensystem (Drehimpulskopplung)</li> <li>6. Kopplung em-Strahlung Atome: Einstein-Koeffizienten, Matrixelemente; Auswahlregeln; Lebensdauern; Röntgenstrahlung; Laser</li> <li>7. Moleküle: H<sub>2</sub>-Molekül; Chemische Bindung; Rotation und Schwingung; elektronische Übergänge; Hybridisierung</li> <li>8. Statistische Mechanik: Wahrscheinlichkeit einer Verteilung; Maxwell-Boltzmann-, Bose-Einstein- und Fermi-Dirac-Verteilung; Beispiele und Anwendungen (Planck'sche Strahlungsformel, spezifische Wärmekapazität, Elektronengas im Metall und Halbleiter, niederdimensionale Ladungsträgersysteme)</li> <li>9. Festkörperphysik: Struktur von Kristallen, Gitterschwingungen, Energiebänder, Halbleiterdetektoren, Supraleitung, Magnetismus</li> </ol>					

10. Kernphysik und Radioaktivität: Eigenschaften der Kerne und ihre modellhafte Beschreibung, radioaktive Zerfälle und Strahlenschutz, Kernreaktionen, Kernspaltung und Kernfusion
11. Elementarteilchen: Übersicht und Klassifizierung; Instabilität, Erhaltungssätze und Symmetrie, Quarkmodell der Hadronen
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung
<b>Prüfungsformen</b> mündliche Prüfung von 45 min
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der mündlichen Prüfung. Als Vorleistung ist ein Übungsschein aus mindestens einem der beiden Semester (Erreichen von insgesamt mind. 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben sowie eine aktive Beteiligung in der Übung ist obligatorisch) nachzuweisen. Die Übungsscheine haben eine Gültigkeit von 3 Jahren.
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Hägele
<b>Sonstige Informationen</b> Die Prüfung kann von allen Professorinnen und Professoren sowie Privatdozentinnen und Privatdozenten des Instituts für Experimentalphysik der Fakultät für Physik und Astronomie durchgeführt werden. Die mündlichen Prüfungen werden halbjährlich angeboten. In der mündlichen Prüfung ist mindestens eine Übungsaufgabe aus einem der beiden Semester Gegenstand der Prüfung.

<b>Praktikum</b>					
<b>Modul 4a</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	12 CP	360 h	1.-3. Sem.	WiSe & SoSe	3 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Physikalisches Praktikum für Physikerinnen und Physiker b) Seminare S1-S3			a) 100 h b) 20 h	a) 200 h b) 40 h	Studierende a) 12 b) unbegrenzt
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> Teil I und Teil II: Die Teilnahme am Physikalischen Praktikum Teil I und Teil II setzt die erfolgreiche Teilnahme am Modul „Physik I“ oder „Physik II“ voraus.  Teil III: Die Teilnahme an Teil III des Physikalischen Praktikums setzt den erfolgreichen Abschluss von Teil I oder Teil II voraus					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind Studierende in der Lage, physikalische Problemstellungen und Zusammenhänge mündlich und schriftlich unter Verwendung der Fachsprache zu erläutern</li> <li>• haben die Studierenden einen ersten Eindruck davon bekommen, welche fundamentale Bedeutung das „induktive“ Erfassen von Naturphänomenen für den Fortschritt der Naturwissenschaften hat. Das persönlich (selbständig) durchgeführte Experiment dient dem Verstehen durch „Begreifen“</li> <li>• beherrschen die Studierenden die Grundzüge experimentellen Arbeitens, die an exemplarischen Versuchsthemen und –aufbauten erprobt und geübt werden</li> <li>• sind die Studierenden in Lage, physikalische Experimente auf der Basis von Versuchsvorschriften/-anleitungen eigenständig durchzuführen, Effekte zu beobachten und qualitativ zu beschreiben, Messerwerte zu registrieren, diese zu interpretieren, zu dokumentieren und zu diskutieren</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Analyse von Unsicherheiten</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen verschiedenen Teilbereichen der Physik erkennen und die an exemplarischen Fragestellungen erlernten physikalischen Messmethoden auf andere Problemstellungen anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Praktikum Teil I: Mechanik/Wärmelehre					
Praktikum Teil II: Optik/Elektrizitätslehre					
Praktikum Teil III: Atom-/Kernphysik					
Pflichtveranstaltungen (je nach Praktikumsteil):					
Seminar S1: Sicherheitsunterweisung und Einführung in die Analyse von Unsicherheiten					
Seminar S2: Einführung in die elektronische Datenauswertung					
Seminar S3: Strahlenschutzunterweisung					
Weitere Informationen unter <a href="http://praktikum.physik.rub.de/fachspezifische_informationen/physik/allgemeine_informationen-">http://praktikum.physik.rub.de/fachspezifische_informationen/physik/allgemeine_informationen-</a>					
<b>Lehrformen</b> praktische Übungen					
<b>Prüfungsformen</b> Protokolle, Kolloquium					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b>					

Erfolgskriterien im Physikalischen Praktikum:

1. Mündliches Abtestat
2. Versuchsdurchführung
3. Anfertigung eines Protokolls mit Abtestat
4. Teilnahme an einem speziellen Kolloquium am Ende des Praktikums

5. Benotung: Protokoll 70% und Kolloquium 30%

**Verwendung des Moduls** Pflichtmodul

**Stellenwert der Note für die Endnote** Gewichtung mit CP

**Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende** Dr. Meyer

**Sonstige Informationen**

<b>SOWAS-Praktikum</b>					
<b>Modul 4</b>	<b>Credits</b> 4 CP	<b>Workload</b> 120 h	<b>Semester</b> 4. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> c) SOWAS (Labor) d) SOWAS (Projektseminar)			<b>Kontaktzeit</b> a) 80 h b) 20 h	<b>Selbststudium</b> a) – b) 20 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende c) 3 - 4 d) Unbegrenzt
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> erfolgreich absolviertes Modul „Praktikum“  <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind Studierende in der Lage, physikalische Problemstellungen und Zusammenhänge mündlich und schriftlich unter Verwendung der Fachsprache zu erläutern</li> <li>• haben die Studierenden einen ersten Eindruck davon bekommen, welche fundamentale Bedeutung das „induktive“ Erfassen von Naturphänomenen für den Fortschritt der Naturwissenschaften hat. Das persönlich (selbständig) durchgeführte Experiment dient dem Verstehen durch „Begreifen“</li> <li>• beherrschen die Studierenden die Grundzüge experimentellen Arbeitens, die an exemplarischen Versuchsthemen und –aufbauten erprobt und geübt werden</li> <li>• sind die Studierenden in Lage, physikalische Experimente auf der Basis von Versuchsvorschriften/-anleitungen eigenständig durchzuführen, Effekte zu beobachten und qualitativ zu beschreiben, Messerwerte zu registrieren, diese zu interpretieren, zu dokumentieren und zu diskutieren</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Fehleranalyse</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen verschiedenen Teilbereichen der Physik erkennen und die an exemplarischen Fragestellungen erlernten physikalischen Messmethoden auf andere Problemstellungen anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Projektpraktikum SOWAS  Weitere Informationen unter <a href="https://praktikum.physik.ruhr-uni-bochum.de/fachspezifische-informationen/sowas-physik/allgemeine-informationen">https://praktikum.physik.ruhr-uni-bochum.de/fachspezifische-informationen/sowas-physik/allgemeine-informationen</a>					
<b>Lehrformen</b> praktische Übungen					
<b>Prüfungsformen</b> Präsentation					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b>					

Erfolgskriterien im SOWAS-Praktikum:

1. Regelmäßige Teilnahme an den Sitzungen der SOWAS-Gruppe und an den durch die Gruppe gebuchten Laborterminen
2. Anfertigung eines Laborbuchs
3. Anfertigung einer Abschlusspräsentation (Poster)

Benotung: 50% Poster und 50% mündliche Leistung im Rahmen der Präsentation

**Verwendung des Moduls** Pflichtmodul

**Stellenwert der Note für die Endnote** Gewichtung mit CP

**Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende** Dr. Meyer

**Sonstige Informationen**

<b>Mathematische Methoden</b>					
<b>Modul 5</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	8 CP	240 h	1. & 2. Sem.	WiSe & SoSe	2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Mathematische Methoden b) Lerngruppe Mathematische Methoden			a) 66 h b) 44 h	a) 120 h	Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> Die Teilnahme am Physik-Vorkurs vor Semesterbeginn wird empfohlen.					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis der für die Physik erforderlichen mathematischen Methoden</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten der mathematischen Modellbildung bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Matrizenrechnung, Vektoranalysis und der Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen</li> <li>• sind Studierende mit zahlreichen Standardanwendungen vertraut</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen physikalischen Problemstellungen und deren mathematischen Formulierungen erkennen und geeignete Methoden zur Lösung auswählen und anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Mathematische Methoden I: Rechnen mit komplexen Zahlen, Vektoren und Matrizen, partielle und totale Ableitung, krummlinige Koordinatensysteme, Taylorentwicklung, Vektoranalysis (kartesische Koordinaten)					
Mathematische Methoden II: gewöhnliche Differentialgleichungen, Vektoranalysis (krummlinige Koordinaten), Integralsätze, Delta-Funktion, Fourier-Reihen					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Lerngruppe					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 180 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur. Sie besteht aus zwei Teilklausuren, die am Ende der „Mathematischen Methoden I“ und am Ende der „Mathematischen Methoden II“ geschrieben werden. Wenn eine Teilklausur (z.B. aus Krankheitsgründen) nicht geschrieben werden kann oder in der Summe weniger als 50 % der Klausurpunkte erworben werden, besteht die Möglichkeit, den Leistungsnachweis in einer Nachhol-Klausur zum Ende des Sommersemesters zu erwerben. Sie deckt den gesamten Stoffumfang der Vorlesung ab.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> unbenotet, geht nicht in die Endnote ein					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Dreher					
<b>Sonstige Informationen:</b>					



<b>Klassische Theoretische Physik (Mechanik, Elektrodynamik)</b>					
<b>Modul 6</b>	<b>Credits</b> 14 CP	<b>Workload</b> 420 h	<b>Semester</b> 2. & 3. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe & WiSe	<b>Dauer</b> 2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> im SoSe: a) Vorlesung Klassische Theoretische Physik I (Mechanik) b) Übung Klassische Theoretische Physik I im WiSe: a) Vorlesung Klassische Theoretische Physik II (Elektrodynamik) b) Übung Klassische Theoretische Physik II			<b>Kontaktzeit</b> a) 88 h b) 44 h	<b>Selbststudium</b> 288 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse aus Physik I und II sind wünschenswert <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind Studierende mit der Formulierung physikalischer Modelle und ihre mathematische Formulierung im Bereich der theoretischen Mechanik und Elektrodynamik vertraut</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten des Umgangs mit Differentialgleichungen als Werkzeug zur Beschreibung physikalischer Prozesse bewusst</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Konzepten der theoretischen Mechanik und Elektrodynamik erkennen und erfolgreich anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Klassische Theoretische Physik I: Mechanik eines Massenpunktes, Zwangsbedingungen, Lagrange- und Hamiltonformalismus, Hamilton-Jacobi, Starrer Körper, Spezielle Relativitätstheorie Klassische Theoretische Physik II: Mathematische Vorbemerkungen, Elektrostatik, Magnetostatik, Maxwell-Gleichungen, Elektromagnetische Wellen und Strahlung, Kovariante Formulierung der Maxwell-Theorie, Elektrodynamik in Materie					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> mündliche Prüfung von 45 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der mündlichen Prüfung. Als Vorleistung ist ein Übungsschein aus mindestens einem der beiden Semester (Erreichen von insgesamt mind. 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben sowie eine aktive Beteiligung in der Übung ist obligatorisch) nachzuweisen. Die Übungsscheine haben eine Gültigkeit von 3 Jahren.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Scherer					
<b>Sonstige Informationen:</b>					

Die Prüfung kann von allen Professorinnen und Professoren sowie Privatdozentinnen und Privatdozenten des Instituts für Theoretische Physik der Fakultät für Physik und Astronomie durchgeführt werden. Die mündlichen Prüfungen werden halbjährlich angeboten. In der mündlichen Prüfung ist mindestens eine Übungsaufgabe aus einem der beiden Semester Gegenstand der Prüfung.

<b>Quantenmechanik</b>					
<b>Modul 7</b>	<b>Credits</b> 6 CP	<b>Workload</b> 180 h	<b>Semester</b> 4. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Quantenmechanik b) Übung zur Quantenmechanik			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 114 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse aus der Physik I-III und der Klassischen Theoretischen Physik werden vorausgesetzt <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Quantenmechanik und exemplarische Elemente der Statistischen Physik (z.B. Gesamtheiten)</li> <li>• können die Studierenden die Abstraktionsprozesse in der Quantenmechanik (z.B. Welle-Teilchen Dualismus, Interpretation von Wellenfunktionen, Hilbert-Raum) nachvollziehen</li> <li>• sind die Studierenden mit der mathematischen Beschreibung der Quantenmechanik (Dirac-Formalismus) vertraut</li> <li>• können Studierende typische Probleme der Quantenmechanik lösen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Quantenmechanik: Grundbegriffe, Schrödingergleichung, eindimensionale Systeme, Näherungsverfahren, formale Struktur der Quantenmechanik, dreidimensionale Systeme, Störungsrechnung					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 180 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Eremin					
<b>Sonstige Informationen</b>					

<b>Mathematik I</b>					
<b>Modul 8</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> 1. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Mathematik 1 für Physik b) Übung Mathematik 1 für Physik			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 204 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> der Besuch des mathematischen Vorkurses vor Semesterbeginn wird empfohlen.					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Studierenden die grundlegenden Begriffe der eindimensionalen Analysis wie Funktion, Grenzwert oder Ableitung und können sie erläutern</li> <li>• sind sie mit mathematischen Argumentationsweisen und dem Kalkül vertraut und können einfache Beweise selbständig formulieren</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Rechentechniken der Differential- und Integralrechnung und können diese anwenden</li> <li>• sind mit verschiedenen Möglichkeiten zur exakten oder näherungsweise Lösung von Gleichungen vertraut und können geeignete Methoden auswählen und anwenden</li> <li>• können sie Voraussetzungen mathematischer Sätze in konkreten Situationen überprüfen und mit Hilfe der Sätze in konkreten Situationen Schlussfolgerungen ziehen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Die Physik und andere Naturwissenschaften benutzen zur Beschreibung der Natur oft die Sprache der Mathematik. Die Studierenden sollen die grundlegenden Begriffsbildungen und Techniken der Analysis kennen und anwenden lernen. Dabei geht es insbesondere um Mengen und Aussagen, Vollständige Induktion, reelle und komplexe Zahlen, konvergente Folgen und Reihen, Stetigkeit, trigonometrische Funktionen, Exponentialfunktion und Logarithmus, Differenzierbarkeit, Taylorreihen und Potenzreihen, Mittelwertsatz und Extrema, bestimmte Integrale und Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung, Integrationsregeln und uneigentliche Integrale.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, zentrale Übung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 120 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> ggf. Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Külske					
<b>Sonstige Informationen</b> Auf Antrag und nach Rücksprache mit dem Studienberater kann die Kombination der Module Mathematik I, II und III durch die Kombination der Module Analysis I und II und Lineare Algebra und Geometrie I und II ersetzt werden. Für einen erfolgreichen Modulabschluss sind der regelmäßige Besuch der Lehrveranstaltungen sowie eine gewissenhafte Beschäftigung mit den Übungsaufgaben unabdingbar.					

<b>Mathematik II</b>					
<b>Modul 9</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> 2. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Mathematik 2 für Physik b) Übung Mathematik 2 für Physik			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 204 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> der Besuch der Veranstaltung Mathematik I wird empfohlen <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte zu Vektorräumen und linearen Abbildungen und können sie an konkreten Beispielen reeller und komplexer Vektorräume erklären</li> <li>• können sie diese Konzepte nutzen, um selbständig mathematische Aussagen und Begründungen zu formulieren</li> <li>• können sie algorithmische Methoden aus dem Bereich der linearen Algebra (Lösen lineare Gleichungssysteme und linearer Differentialgleichungen, Berechnung von inversen Matrizen, Determinanten und Eigenwerten) erklären und anwenden</li> <li>• kennen Studierende insbesondere Funktionenräume als Beispiele unendlich-dimensionaler Vektorräume</li> <li>• kennen Studierende den Zusammenhang zwischen linearen Abbildungen, der Wahl von Koordinatensystemen und der Matrixdarstellung der Abbildungen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Die Vorlesung befasst sich mit Linearer Algebra. Sie bildet die Grundlage für das Rechnen in höherdimensionalen Räumen und hat viele Anwendungen, beispielsweise beim Lösen von linearen Gleichungssystemen oder bei Koordinatentransformationen in besonders günstige Koordinatensysteme. Insbesondere geht es um <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vektorräume und Unterräume; lineare Unabhängigkeit; Erzeugendensysteme, Basen und Dimension; direkte Summen</li> <li>2. Lineare Abbildungen; Dimensionsformel,</li> <li>3. Matrizen; Rang einer Matrix; Matrixdarstellung linearer Abbildungen; lineare Gleichungssysteme;</li> <li>4. Determinanten; multilineare Abbildungen; Determinanten von Matrizen;</li> <li>5. Eigenwerte und Eigenvektoren; charakteristisches Polynom; Diagonalisierbarkeit;</li> <li>6. Lineare Differentialgleichungen; lineare Differentialgleichungen höherer Ordnung und Systeme linearer Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten;</li> <li>7. Euklidische und unitäre Vektorräume: Skalarprodukte; Gram-Schmidt'sches Orthonormalisierungsverfahren; normale (selbstadjungierte und symmetrische) Endomorphismen; Spektralsätze und Hauptachsentransformation.</li> </ol>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, zentrale Übung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 120 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> ggf. Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Härterich					
<b>Sonstige Informationen</b> Auf Antrag und nach Rücksprache mit dem Studienberater kann die					

Kombination der Module Mathematik I, II und III durch die Kombination der Module Analysis I und II und Lineare Algebra und Geometrie I und II ersetzt werden. Für einen erfolgreichen Modulabschluss sind der regelmäßige Besuch der Lehrveranstaltungen sowie eine gewissenhafte Beschäftigung mit den Übungsaufgaben unabdingbar.

<b>Mathematik III</b>					
<b>Modul 10</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> 3. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Mathematik 3 für Physik und Geophysik b) Übung Mathematik 3 für Physik und Geophysik			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 182 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> der Besuch der Veranstaltungen Mathematik I und II wird empfohlen <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die Grundbegriffe der mehrdimensionalen Differential- und Integralrechnung und können mit Hilfe dieser Begriffe selbständig mathematische Aussagen und Argumentationen formulieren</li> <li>• können sie Extremwertprobleme in mehreren Variablen mit und ohne Randbedingungen systematisch lösen</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Kurvenintegrale und können entscheiden, ob der Wert des Integrals vom Weg abhängt</li> <li>• sind sie mit den Regeln zur mehrdimensionalen Integration vertraut</li> <li>• können die Transformationsformel für Polar-, Kugel- und Zylinderkoordinaten und für allgemeinere Koordinatentransformationen anwenden</li> <li>• können Studierende die Integralsätze von Green, Gauß und Stokes formulieren und in konkreten Situationen anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Die Vorlesung befasst sich mit der Differential- und Integralrechnung mehrerer Veränderlicher. Dabei geht es um Differentialrechnung im $\mathbb{R}^n$ sowie um die Differentiation in normierten Vektorräumen, höhere Ableitungen und Taylorformel, Anwendung auf Bestimmung von Extrema mit und ohne Nebenbedingungen, Kurvenintegrale, Integration im $\mathbb{R}^n$ und Rechenregeln der Integration (Satz von Fubini, Transformationsformel), Vektoranalysis und Integralsätze im $\mathbb{R}^2$ und $\mathbb{R}^3$ .					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 120 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodule					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Härterich					
<b>Sonstige Informationen</b> Auf Antrag und nach Rücksprache mit dem Studienberater kann die Kombination der Module Mathematik I, II und III durch die Kombination der Module Analysis I und II und Lineare Algebra und Geometrie I und II ersetzt werden. Für einen erfolgreichen Modulabschluss sind der regelmäßige Besuch der Lehrveranstaltungen sowie eine gewissenhafte Beschäftigung mit den Übungsaufgaben unabdingbar.					

## Lerngruppenleitung

<b>Modul 11</b>	<b>Credits</b> 5 CP	<b>Workload</b> 150 h	<b>Semester</b> 3.-5. Sem.	<b>Turnus</b> jedes Semester	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Seminar: Workshop zur Lerngruppenleitung			a) 10 h	56 h	Studierende
b) Lerngruppe zu Physik I/II oder zu Mathematische Methoden I/II			b) 22 h		a) 30
c) Seminar: Lerngruppenleitung			c) 22 h		b) 30 c) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> Nachweis des jeweiligen Moduls, in dem die Lerngruppe geleitet wird					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Gruppenleitung und der Arbeit im Team</li> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über die Anwendung der Prinzipien der minimalen Hilfestellung</li> <li>• können Studierende eine Lerngruppe planen und durchführen</li> <li>• sind Studierende mit Vermittlung von physikalischem Fachwissen vertraut</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
a) In dem einführenden Workshop werden die grundlegenden methodischen Fähigkeiten vermittelt. Lösungen für Herausforderungen im Umgang mit Gruppen stehen im Vordergrund. Die Aktivierung der Teilnehmer/-innen zum Selbststudium, die Kanalisierung von Beteiligungsanteilen und auch der Umgang mit Störenfriedern werden theoretisch analysiert und praktisch geübt. Ein zweiter Fokus liegt auf den Präsentations- und Moderationsfähigkeiten.					
b) In den Lerngruppen wird das erworbene Wissen praktisch angewendet. Jeweils zwei Lerngruppenleiter/-innen sind für eine Lerngruppe verantwortlich. Ziel der Lerngruppen ist es, die Teilnehmer/-innen optimal beim selbständigen Erlernen des Stoffes zu unterstützen. Die Methoden zur Wissensvermittlung kann das Lerngruppenteam frei wählen. Die Lerngruppenleiter/-innen sind explizit nicht für die fachliche Vermittlung von Inhalten verantwortlich. Die fachliche Verantwortung liegt bei der/dem jeweiligen Modulbeauftragten, dessen Übungsgruppe unterstützt wird.					
c) Das Seminar dient neben der Reflektion vor allem der Vorbereitung auf die nächste Lerngruppe. Die Aufgaben werden von den Studierenden vorgestellt und analysiert. Der Fokus liegt hierbei auf den verschiedenen Lösungsansätzen, der Herausarbeitung möglicher Probleme und Strategien zur Aktivierung der Teilnehmer/-innen der Lerngruppen. Es werden außerdem Erfahrungen aus den Lerngruppen diskutiert.					
<b>Lehrformen</b> Seminar, Übungen					
<b>Prüfungsformen</b> praktische Prüfung					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b>					
Aktive Teilnahme an den Seminaren (>75 %), Anleiten einer Lerngruppe (> 75 %)					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> unbenotetes Modul, geht nicht in die Endnote ein					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Fritsch, Dr. Dreher, Dr. Möller, Dr. Hellwig					
<b>Sonstige Informationen</b>					



<b>Einführung in wissenschaftliches Arbeiten</b>					
<b>Modul 12</b>	<b>Credits</b> 5 CP	<b>Workload</b> 150 h	<b>Semester</b> 5. & 6. Sem.	<b>Turnus</b> Blockveranstaltung März/April	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Einführung in wissenschaftliches Arbeiten b) Übung zur Einführung in wissenschaftliches Arbeiten			<b>Kontaktzeit</b> a) 22 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 106 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis zum Erstellen, Strukturieren und Präsentieren einer wissenschaftlichen Arbeit</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten bei der Literaturrecherche sowie bei der Versionsverwaltung bewusst</li> <li>• sind mit den Grundzügen des Programms LaTeX vertraut</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Programmiersprachen C++ und Python</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> a) Es werden die grundlegenden und methodischen Fähigkeiten der Literaturrecherche, das Erstellen einer Abschlussarbeit, eine Einführung in LaTeX sowie in die Programmiersprachen C++ und Python, das Halten von wissenschaftlichen Vorträgen, die Theorie des wissenschaftlichen Arbeitens sowie nützliche Software (insbesondere zur Versionsverwaltung) behandelt. b) Die Übungen dienen der Reflektion und der Anwendung der in der Vorlesung gelernten Kompetenzen. Hier werden z. B. Textpassagen (Einleitung, Fazit) diskutiert oder Abschlussarbeiten analysiert. Im Vordergrund stehen hier der Austausch untereinander und das Feedback durch den Modulbeauftragten sowie die konkrete Vorbereitung auf die Bachelor-Arbeit.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> praktische Übung					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> aktive Teilnahme an der Vorlesung, aktive Teilnahme an den Übungen (>75 %), Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> unbenotetes Modul, geht nicht in die Endnote ein					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Tjus, Dr. Eichmann					
<b>Sonstige Informationen</b>					

<b>Methodenkenntnis und Projektplanung</b>					
<b>Modul 13</b>	<b>Credits</b> 13 CP	<b>Workload</b> 390 h	<b>Semester</b> 6. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe & SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Praktische Übung b) Seminar			<b>Kontaktzeit</b> a) 300 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 68 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> Zulassung zur Bachelorarbeit ist erfolgt, d.h. - Nachweis aller Pflichtmodule (104 CP) mit Ausnahme der beiden Pflichtmodule „Methodenkenntnis und Projektplanung (B.Sc.)“ und „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“ - Nachweis von Wahlpflicht – und Wahlmodule im Umfang von mindestens 28 CP - Nachweis von mindestens einem Wahlpflichtmodul (9 CP).  <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierenden mit den wichtigsten, für die individuell anzufertigende Abschlussarbeit notwendigen Experimentiergeräten, theoretischen Modelle bzw. Computercodes vertraut</li> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über die wissenschaftlichen Fragestellungen in dem gewählten Schwerpunkt</li> <li>• kennen Studierende die Grundzüge des Zeitmanagements und der Projektarbeit</li> <li>• können die Studierenden die anstehende Bachelorarbeit zeitlich und inhaltlich planen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> a) In den praktischen Übungen werden die notwendigen konkreten Arbeitsmethoden der Gruppe erlernt. Nach einer intensiven Einarbeitungsphase haben die Studierenden die Möglichkeit, sich an der Konkretisierung ihres Themas für die Bachelorarbeit einzubringen. Zusätzlich wird ein Zeitplan für die Durchführung der Bachelorarbeit erstellt und auf die Umsetzbarkeit überprüft. b) Das Seminar dient der Erarbeitung eines konkreten Themas für die Bachelorarbeit. Zu Beginn des Seminars werden verschiedene Themen von den Betreuern/-innen ausgegeben und innerhalb der Seminarreihe werden einzelne Themen erarbeitet.					
<b>Lehrformen</b> praktische Übung, Seminar					
<b>Prüfungsformen</b> Vortrag					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> aktive Teilnahme an den praktischen Übungen, Einzelvortrag					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> unbenotetes Modul, geht nicht in die Endnote ein					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Professorinnen und Professoren sowie Privatdozentinnen und Privatdozenten der Fakultät für Physik und Astronomie. Auf Antrag können ggf. weitere Prüfer zugelassen werden.					
<b>Sonstige Informationen</b> Das Modul gehört inhaltlich und fachlich zum Modul „Bachelor-Arbeit“. Beide Module werden bei dem gleichen Lehrenden absolviert. Das Modul kann in einem beliebigen Fachbereich absolviert werden. Mit der Zulassung zur Bachelor-Arbeit beginnt die Vorbereitungszeit von 12 Wochen, die das Modul „Methodenkenntnis und Projektplanung“ umfasst. Am Ende der Vorbereitungszeit muss der Modulschein zusammen mit einem Themenvorschlag im Prüfungsamt eingereicht werden.					

<b>Bachelorarbeit</b>					
<b>Modul 14</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	12 CP	360 h	6. Sem.	WiSe & SoSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
Abschlussarbeit			300 h	60 h	
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b>					
Die Pflichtmodule „Methodenkenntnis und Projektplanung“ und „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“ sind nachzuweisen.					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen</li> <li>• können Studierende unter Anleitung innerhalb einer vorgegebenen Frist mit wissenschaftlichen Methoden physikalische Fragestellungen analysieren und definierte Probleme lösen</li> <li>• sind sich Studierende über die Anforderungen einer sachgerechten, schriftlichen Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der selbstständigen Arbeitsorganisation</li> <li>• sind Studierende mit der adäquaten Literaturrecherche, Zitation von Quellen und den Prinzipien guter wissenschaftlicher Praxis vertraut</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Aufbau eines Experiments bzw. eines theoretischen Modells, Durchführung der Experimente bzw. der Rechnungen/Simulationen, Analyse der Ergebnisse, Optimierung der Prozesse, Dokumentation der Verfahrensschritte jeweils unter Anleitung der Themenstellerin bzw. des Themenstellers. Thema und Aufgabe sind so zu formulieren, dass sie innerhalb von 10 Wochen mit einem Arbeitsaufwand im Umfang von 12 CP bearbeitet werden können					
<b>Lehrformen</b>					
<b>Prüfungsformen</b> schriftliche Prüfungsarbeit					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Prüfungsarbeit					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Professorinnen und Professoren sowie Privatdozentinnen und Privatdozenten der Fakultät für Physik und Astronomie. Auf Antrag können ggf. weitere Prüfer zugelassen werden.					
<b>Die Liste der aktuellen Themensteller/innen für Bachelorarbeiten finden Sie in unserem Moodlekurs „Physikstudium-Info“.</b>					

<b>Einführung in die Astrophysik</b>					
<b>Modul 15a</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> ab 4. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<b>Dauer</b> 1-2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Introduction to Astrophysics			a) 44 h	183 h	Studierende
b) Übung zu Introduction to Astrophysics			b) 22 h		a) unbegrenzt
c) Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikerinnen und Physiker (drei Versuche aus dem Bereich Astrophysik/Astronomie)			c) 21 h		b) 30 c) 2
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse der Physik I-III sind wünschenswert					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die zentralen Begriffe, Theorien und Forschungsbereiche der modernen Multiwellenlängen- und Multimessenger- Astrophysik</li> <li>• sind Studierende in der Lage, die verschiedenen messtechnischen und modellbildenden Methoden der Astrophysik auf einfache Beispiele anzuwenden</li> <li>• analysieren und bewerten Studierende fachwissenschaftliche Inhalte und kommunizieren diese differenziert mündlich und schriftlich</li> <li>• kennen und begründen Studierende die Bedeutung der Physik und Astronomie für die Gesellschaft und die Wichtigkeit internationaler Forschungskollaborationen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Methoden und Ergebnisse der Astrophysik werden an ausgewählten Beobachtungsphänomenen eingeführt und in Zusammenhang mit aktuellen Forschungsergebnissen dargestellt. Zu den vermittelten Themenbereichen gehören u.a.: Grundlagen der beobachtenden Kosmologie, Strukturbildung im Kosmos, Aktive Galaktische Kerne, Dunkle Materie, Strahlungsprozesse, Strahlungstransport, Gravitationslinsen, Stelldynamik, Zustandsgrößen der Sterne, solare Neutrinos, Phasen des interstellaren Mediums, Akkretionsscheibenphysik, Pulsare. Im Fortgeschrittenen-Praktikum werden anhand von konkreten Problemstellungen u.a. grundlegende Scientific-Computing- und Programmierkenntnisse erlangt.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest. Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. Zusätzlich muss das F-Praktikum erfolgreich abgeschlossen werden. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlpflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Dettmar					
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein					

<b>Einführung in die Biophysik</b>					
<b>Modul 15b</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> ab 5. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1-2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Introduction to Biophysics b) Übung zu Introduction to Biophysics c) Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikerinnen und Physiker (drei Versuche aus dem Bereich Biophysik)			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h c) 21 h	<b>Selbststudium</b> 183 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30 c) 2
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse der Physik I-III sind wünschenswert <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis für die molekularen Strukturen lebender Materie</li> <li>• können die Studierenden die Zusammenhänge zwischen den in der Experimentalphysik und Theoretischen Physik erworbenen Grundkenntnissen und der Untersuchung von biologischen Systemen erkennen, und diese zur Beschreibung von Gleichgewichten und Reaktionen nutzen</li> <li>• sind mit den grundlegenden physikalischen Methoden zur Untersuchung molekularer biologischer Vorgänge vertraut</li> <li>• sind in der Lage, biophysikalische Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu protokollieren, und die Ergebnisse im wissenschaftlichen Kontext zu diskutieren</li> <li>• haben Studierende einen ersten Einblick in aktuelle Forschungsthemen in der molekularen Biophysik an der Ruhr-Universität Bochum erhalten</li> <li>• können Studierende sich fachwissenschaftliche Inhalte, Theorien und Methoden angeleitet und selbstständig erarbeiten, und diese mündlich und schriftlich kommunizieren</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Struktur biologischer Materie: Vom Atom zum Protein</li> <li>- Spektroskopische Methoden</li> <li>- Proteinstrukturbestimmungsmethoden (Röntgenkristallographie, NMR, Elektronenmikroskopie)</li> <li>- Grundlagen der Reaktionskinetik und Elektrochemie</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest. Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. Zusätzlich muss das F-Praktikum erfolgreich abgeschlossen werden. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlpflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Gerwert, Prof. Dr. Hofmann					
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein					

<b>Einführung in die Festkörperphysik</b>					
<b>Modul 15c</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> ab 5. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1-2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Introduction to Solid State Physics I b) Übung zu Introduction to Solid State Physics I c) Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikerinnen und Physiker (drei Versuche aus dem Bereich Festkörperphysik)			a) 44 h b) 22 h c) 21 h	183 h	Studierende a) unbegrenzt b) 30 c) 2
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse der Physik I-III sind wünschenswert					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis, wie klassische und quantenmechanische Vorgänge makroskopische und mikroskopische Festkörpereigenschaften bedingen</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten der allgemeinen Konzepte bewusst, aus den physikalischen Basismethoden die optischen, thermischen und elektronischen Eigenschaften von Festkörpern abzuleiten und mindestens qualitativ zu verstehen</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Übertragung der Quantenmechanik auf festkörperphysikalische Systeme</li> <li>• sind mit Beugungsphänomenen im Orts- und Impulsraum vertraut</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen Atomphysik und Festkörperphysik in Bezug auf elektronische, phononische und photonische Bandstrukturen erkennen und anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometrische Struktur des Festkörpers</li> <li>- (ideale Kristalle, Fehlordnung, reziprokes Gitter, Kristallstrukturbestimmung mittels Beugung, Bindungsverhältnisse)</li> <li>- Dynamik des Kristallgitters</li> <li>- (Gitterschwingungen, Phononen, Bose-Einstein-Verteilung, thermische Eigenschaften des Nichtleiters, Streuexperimente)</li> <li>- Elektronen im Festkörper</li> <li>- klassisches freies Elektronengas, Fermi-Dirac-Verteilung, elektrische Leitfähigkeit, thermische Eigenschaften von Leitern, metallische Bindung, Ladungsträger im Magnetfeld, Bändermodell, experimentelle Bestimmung der Bandlücken, Halbleiter, thermische Anregung von Ladungsträgern, effektive Masse, Löcherleitung, Störstellenleitung, pn-Übergang</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest.					

Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft.
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. Zusätzlich muss das F-Praktikum erfolgreich abgeschlossen werden. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlpflichtmodul
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Böhmer
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein

<b>Einführung in die Kern- und Teilchenphysik</b>					
<b>Modul 15d</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> ab 5. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1-2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> d) Vorlesung Introduction to Nuclear and Particle Physics a) Übung zu Introduction to Nuclear and Particle Physics e) Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikerinnen und Physiker (drei Versuche aus dem Bereich Kern- und Teilchenphysik)			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h c) 21 h	<b>Selbststudium</b> 183 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30 c) 2
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse der Physik I-III sind werden vorausgesetzt <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über den Aufbau der Materie und ihre Wechselwirkungen sowie über Radioaktivität</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten der Anwendungen kernphysikalischer Prozesse in Technik und Medizin bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der elektromagnetischen, schwachen und starken Wechselwirkung</li> <li>• sind mit allgemeinen Messtechniken und Messmethoden vertraut und können Vor- und Nachteile kernphysikalischer und radioaktiver Prozesse einordnen</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen Prozessen im Universum und der Kern- und Teilchenphysik erkennen</li> <li>• können Studierende Messergebnisse kernphysikalischer und radioaktiver Prozesse einordnen und einschätzen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Kernphysikalische Prozesse im Universum, Aufbau der Materie aus elementaren Teilchen – das Standardmodell der Teilchenphysik, Aufbau und Beschreibung von Atomkernen, Relativistische Schwerionenphysik, Wechselwirkung von Teilchen mit Materie und darauf aufbauende Detektoren, Einführung in die Quantenfeldtheorie, Prozesse der starken und elektroschwachen Wechselwirkung, Streu- und Zerfallsexperimente, Teilchenbeschleuniger, Anwendungen der Kern- und Teilchenphysik in Technik und Medizin, Radioaktivität und Strahlenbelastung, Auswertung von Experimenten.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest. Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.					



Zusätzlich muss das F-Praktikum erfolgreich abgeschlossen werden. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlpflichtmodul
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Wiedner
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein

<b>Einführung in die Plasmaphysik</b>					
<b>Modul 15e</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> ab 4. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<b>Dauer</b> 1-2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Introduction to Plasma Physics b) Übung zu Introduction to Plasma Physics c) Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikerinnen und Physiker (drei Versuche aus dem Bereich Plasmaphysik)			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h c) 21 h	<b>Selbststudium</b> 183 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30 c) 2
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse der Physik I-III sind wünschenswert <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über die wesentlichen Merkmale eines Plasmas und die Beschreibungsformen von Plasmen mit dem Einzelteilchenbild, der kinetischen Beschreibung und der Fluidbeschreibung</li> <li>• sind sich Studierende über die Anwendungen von Plasmen im Bereich der Niedertemperatur- und der Hochtemperaturplasmen mit ihren Einschlusskonzepten bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Plasmagleichgewichte</li> <li>• sind mit Dynamik von Plasmen vertraut</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen Plasmaheizung und Plasmaeigenschaften erkennen und physikalische Messmethoden auf bekannte Problemstellungen anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Grundkonzepte und Plasmadefinition, Einzelteilchen in Magnetfeldern, Stoßwechselwirkungen, Hydrodynamik, Magnetohydrodynamik, kinetische Theorie, Randschichten, Wellen in Plasmen, Grundlagen der kontrollierten Fusion, spezielle Entladungsformen					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest. Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. Zusätzlich muss das F-Praktikum erfolgreich abgeschlossen werden. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlpflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. von Keudell, Prof. Dr. Golda, PD Dr. Tsankov					
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein					

<b>Einführung in die theoretische Astrophysik</b>					
<b>Modul 15f</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	9 CP	270 h	ab 5. Sem.	SoSe	1-2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Introduction to Theoretical Astrophysics			a) 44 h	183 h	Studierende a) unbegrenzt b) 30 c) 2
b) Übung zu Introduction to Theoretical Astrophysics			b) 22 h		
c) Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikerinnen und Physiker (drei Versuche aus dem Bereich Astrophysik /Astronomie)			c) 21 h		
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse der Theoretischen Physik sind wünschenswert					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis für die theoretische Astrophysik</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten der entsprechenden Mathematisierung und Modellierung bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte zur Beschreibung astrophysikalischer Umgebungen</li> <li>• sind die Studierenden mit verschiedenen theoretischen Methoden vertraut</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen der Astrophysik, zugehörigen Beispielen und anderen physikalischen Bereichen (Kern/Teilchen, Plasma) erkennen und erfolgreich anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Methoden und Ergebnisse der Astrophysik werden für ausgewählte astrophysikalische Systeme eingeführt und in Zusammenhang mit aktuellen Forschungsergebnissen diskutiert. Aus folgenden Themen werden Schwerpunkte ausgewählt: Astrophysik: Definition und Grundlagen (Letztere werden in wie benötigt kurzen Exkursen bereitgestellt); Sterne: Zustandsgrößen, Entstehung, Aufbau, Entwicklung und Endzustände; Sternwinde: Beschleunigung, Struktur und Wechselwirkung mit dem interstellaren Medium; Sternatmosphären: Struktur und Strahlungstransport; Sternwinde: Beschleunigung, Struktur und Wechselwirkung mit dem interstellaren Medium; Milchstraße, Galaxien: Struktur; Kosmische Strahlung: Beschleunigung und Transport.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest. Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.					

Zusätzlich muss das F-Praktikum erfolgreich abgeschlossen werden. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlpflichtmodul
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> PD Dr. Fichtner
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein

## Einführung in die theoretische Festkörperphysik

Modul 15g	Credits 9 CP	Workload 270 h	Semester ab 5. Sem.	Turnus WiSe	Dauer 1-2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Introduction to Theoretical Solid State Physics b) Übung zu Introduction to Theoretical Solid State Physics d) Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikerinnen und Physiker (drei Versuche aus dem Bereich Festkörperphysik) e) Festkörperphysik			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h c) 21 h	<b>Selbststudium</b> 183 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30 c) 2
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse der Theoretischen Physik inklusiv Quantenmechanik und Elementen der Statistische Physik werden vorausgesetzt <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Festkörpertheorie</li> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis von den mikroskopischen Eigenschaften bezüglich der Struktur, dem Schwingungsverhalten und der elektronischen Struktur und deren Einfluss auf das makroskopische Verhalten von Festkörpern</li> <li>• sind mit der mathematischen Beschreibung von Festkörpern (zweite Quantisierung, spontane Symmetrie-Brechung, Phasen Übergänge, elementare Anregungen) vertraut</li> <li>• können Studierende typische Aufgabe der Festkörpertheorie lösen und interpretieren</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometrische Struktur des Festkörpers</li> <li>- (ideale Kristalle, Fehlordnung, reziprokes Gitter, Kristallstrukturbestimmung mittels Beugung, Bindungsverhältnisse)</li> <li>- Dynamik des Kristallgitters</li> <li>- (Gitterschwingungen, Phononen, Bose-Einstein-Verteilung, thermische Eigenschaften des Nichtleiters, Streuexperimente)</li> <li>- Elektronen im Festkörper</li> <li>- (klassisches freies Elektronengas, Fermi-Dirac-Verteilung, elektrische Leitfähigkeit, thermische Eigenschaften von Leitern, metallische Bindung, Ladungsträger im Magnetfeld, Bändermodell, experimentelle Bestimmung der Bandlücken, Halbleiter, thermische Anregung von Ladungsträgern, effektive Masse, Löcherleitung, Störstellenleitung, pn- Übergang)</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest. Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.					

Zusätzlich muss das F-Praktikum erfolgreich abgeschlossen werden. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlpflichtmodul
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Lechermann
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein

<b>Einführung in die Theoretische Plasmaphysik</b>					
<b>Modul 15h</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> ab 5. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1-2 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Introduction to Theoretical Plasma Physics			a) 44 h	183 h	Studierende a) unbegrenzt b) 30 c) 2
b) Übung zu Introduction to Theoretical Plasma Physics			b) 22 h		
c) Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikerinnen und Physiker (drei Versuche aus dem Bereich Plasmaphysik)			c) 21 h		
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse der Theoretischen Physik, speziell Elektrodynamik, sind wünschenswert					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>haben die Studierenden ein Grundverständnis für die Problematik theoretischer Modellbildung für ein komplexes Vielteilchensystem gewonnen</li> <li>sind die Studierenden mit den Beschreibungen von Plasmen auf Basis kinetischer und fluiddynamischer Theorien vertraut und in der Lage, die Möglichkeiten und Grenzen derartiger Modelle einzuschätzen</li> <li>kennen Studierende grundlegende mathematische Techniken zum Arbeiten im Rahmen der im Modul entwickelten Theorien</li> <li>sind die Studierenden mit einzelnen plasmaphysikalischen Anwendungen der Theorien und Methoden im Kontext der Astro- bzw. Weltraumphysik vertraut und haben einen Einblick in die dort vorzufindenden Parameterregime</li> <li>haben die Studierenden im Rahmen der Praktikumsversuche erste Erfahrung in der numerischen Modellierung von plasmaphysikalischen Vorgängen gesammelt und entsprechende Computersimulationen durchgeführt</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Grundkonzepte der klassischen Plasmaphysik, Einzelteilchenbewegung, kinetische Theorie, Fluidtheorie, Magnetohydrodynamik, Gleichgewichtstheorie, Wellen und Instabilitäten, Anwendungen im astro- und weltraumphysikalischen Kontext, numerische Modellierung von Plasmen.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung, numerische Simulation mittels Computer					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (mündliche Prüfung von 45 min oder Klausur von 90 min Dauer) für die Vorlesung fest. Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. Zusätzlich muss das F-Praktikum erfolgreich abgeschlossen werden. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlpflichtmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Grauer					
<b>Sonstige Informationen</b>					

<b>Allgemeine Relativitätstheorie / General Relativity</b>					
<b>Modul 16a</b>	<b>Credits</b> 6 CP	<b>Workload</b> 180 h	<b>Semester</b> ab 6. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung General Relativity b) Übung General Relativity			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 114 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis der Gravitation als Krümmung der Raumzeit</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten differential-geometrischer Methoden bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Gravitation und Ihren Anwendungen</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen physikalischer Idee erkennen und deren mathematische Formulierung anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezielle Relativitätstheorie und flache Raumzeit: Lorentz Transformationen; Vektoren und duale Vektoren (1-Formen); Tensoren; Maxwell Gleichungen; Energie-Impuls Tensor; Klassische Feld-Theorie</li> <li>• Mannigfaltigkeiten: Gravitation als geometrische Eigenschaft; Was ist eine Mannigfaltigkeit; Vektoren, Tensoren, Metrik; Ein expandierendes Universum; Kausalität; Tensor-Dichten; Differentialformen; Integration</li> <li>• Krümmung: kovariante Ableitung; Parallel-Transport und Geodätische; der Riemann'sche Krümmungstensor; Symmetrien und Killing-Vektoren; Maximal symmetrische Räume; Geodätische Abweichung</li> <li>• Gravitation: Physik in gekrümmter Raumzeit; Einstein Gleichungen; Lagrange'sche Formulierung; die kosmologische Konstante; Alternative Theorien</li> <li>• Die Schwarzschild Lösung: die Schwarzschild Metrik; Birkhoffs Theorem; Singularitäten; Geodätische der Schwarzschild Lösung; Schwarze Löcher; die maximal erweiterte Schwarzschild Lösung</li> <li>• Kosmologie: Maximal symmetrisches Universum; Robertson-Walker Metrik; die Friedmann Gleichung; Dynamik des Skalenfaktors; Rotverschiebung und Entfernungen; Gravitationslinsen; Inflation</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min oder mündliche Prüfung von 30 min) für das Modul fest.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende:</b> Prof. Dr. Tjus					
<b>Sonstige Informationen:</b> Unterrichtssprache kann englisch sein					



<b>Analogelektronik</b>					
<b>Modul 16b</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	4 CP	120 h	ab 5. Sem.	WiSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Analogelektronik b) Übung zur Analogelektronik			a) 22 h b) 22 h	76 h	Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über die Anwendung und die Verschaltung von passiven (R, L C) und aktiven (Diode, Transistor) Bauelementen</li> <li>• kennen Studierenden die Funktionsweise von Operationsverstärkern und deren Anwendungen</li> <li>• können Studierende einfache analoge Schaltungen entwerfen, aufbauen und analysieren</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Bauelemente: Widerstand, Kondensator, Spule, Diode, Bipolar- und Feldeffekttransistor, Schaltungen mit Kombinationen aus diesen Bauelementen, Operationsverstärker, Verfahren zur Analog-Digital-Umsetzer, Rauschen, Aktive Filter und Lineare Netzwerke					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> praktische Prüfung					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> aktive Teilnahme an den praktischen Übungen (>90%) und Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Heinsius, Dr. Reicherz					
<b>Sonstige Informationen</b> <a href="http://epraktikum.physik.ruhr-uni-bochum.de">http://epraktikum.physik.ruhr-uni-bochum.de</a>					

<b>Computational Physics I</b>					
<b>Modul 16c</b>	<b>Credits</b> 4 CP	<b>Workload</b> 120 h	<b>Semester</b> ab 5. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Computational Physics I b) Übung zu Computational Physics I			<b>Kontaktzeit</b> a) 22 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 76 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über grundlegende numerische Methoden und Verfahren zur Behandlung physikalischer Fragestellungen</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten der konkreten Implementation und Verifikation bewusst</li> <li>• sind mit der Anwendung auf physikalische Modellprobleme vertraut</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Numerisches Differenzieren und Integrieren, gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen, lineare Gleichungssysteme, FFT, Monte-Carlo Methoden, Praktische Übungen mit Matlab, Python oder Julia					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Innocenti					
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein					

<b>Computational Physics II</b>					
<b>Modul 16d</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	4 CP	120 h	ab 6. Sem.	SoSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Computational Physics II b) Übung zu Computational Physics II			a) 22 h b) 22 h	76 h	Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse aus Computational Physics I sind wünschenswert					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über fortgeschrittene numerische Methoden und Anwendungen in der Physik</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes numerischer Methoden bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte von Multiskalenmethoden, Stochastische Differentialgleichungen, Monte-Carlo-Methoden</li> <li>• sind mit Möglichkeiten der Parallelisierung vertraut</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Multiskalenmethoden: FFT, Multigrid, Wavelets, Barnes-Hut, Fast Multipole Method, Particle in Cell Methoden (Boris-Push)					
Stochastische Differentialgleichungen, Monte-Carlo-Methoden, Metropolis Algorithmus, Ising Modell					
Parallelisierung: MPI, CUDA					
Finite Volumen, Discontinues Galerkin					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Dreher					
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein					

<b>Digitalelektronik</b>					
<b>Modul 16e</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	4 CP	120 h	ab 4. Sem.	SoSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Digitalelektronik b) Übung zur Digitalelektronik			a) 22 h b) 22 h	76 h	Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über die Anwendung und die Verschaltung von digitalen Bauelementen wie Gatter, Flipflops, Register, Decoder, Zähler, Multiplexer und Addierer</li> <li>• können Studierende einfache kombinatorische, sequentielle Schaltungen entwerfen, aufbauen und analysieren</li> <li>• Kennen Studierende die grundlegenden Konzepte simpler Automaten</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Schaltfunktionen, Schaltalgebra, Bipolar- und Feldeffekttransistoren, integrierte digitale Schaltungen, (De-)Kodierung, Rechenschaltungen, Flipflops, Automaten, Zahlensysteme usw.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> praktische Prüfung					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> aktive Teilnahme an den praktischen Übungen (>90%) und Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Heinsius, Dr. Reicherz					
<b>Sonstige Informationen</b> <a href="http://epraktikum.physik.ruhr-uni-bochum.de">http://epraktikum.physik.ruhr-uni-bochum.de</a>					

<b>Grundlagen der Astronomie</b>					
<b>Modul 16h</b>	<b>Credits</b> 6 CP	<b>Workload</b> 180 h	<b>Semester</b> ab 3. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Grundlagen der Astronomie b) Übung zu den Grundlagen der Astronomie			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 114 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Grundkenntnisse der Physik I und II sind wünschenswert <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• überblicken Studierende die Themen der modernen Astronomie und beherrschen somit die Grundlagen für vertiefende Astronomie-/Astrophysikvorlesungen</li> <li>• nutzen Studierende grundlegende physikalische Konzepte und Methoden (z.B. aus der Mechanik, Optik, Kernphysik und Relativitätstheorie) in astronomischen Kontexten</li> <li>• beschreiben und begründen Studierende charakteristische Parameter und einfache physikalische Gesetzmäßigkeiten qualitativ und quantitativ</li> <li>• begreifen Studierende den Erkenntnisfortschritt, der durch die Entwicklung neuer Messtechniken ermöglicht wird</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Die Vorlesung gibt einen Überblick über die verschiedenen Strukturkomponenten des Universums. Dabei werden fundamentale physikalische Methoden genutzt, um typische Eigenschaften der verschiedenen Objekte zu bestimmen. Ausgehend von der „Astronomie des Alltags“ wird der Erfahrungshorizont systematisch erweitert, sodass insbesondere auch der Erkenntnisfortschritt durch die Entwicklung der Messtechnik deutlich wird. Dabei werden das Erde-Mond System, die Sonne und das Planetensystem ebenso behandelt wie die Sterne, die Milchstraße, andere Galaxien und die größten Strukturen im Universum.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 120 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Franckowiak					
<b>Sonstige Informationen</b>					

## Instrumente und Beobachtungsmethoden in Astronomie und Astrophysik

<b>Modul 16i</b>	<b>Credits</b> 3 CP	<b>Workload</b> 90 h	<b>Semester</b> ab 3. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Instrumente und Beobachtungsmethoden in der Astronomie und Astrophysik b) Übung Instrumente und Beobachtungsmethoden in der Astronomie und Astrophysik			<b>Kontaktzeit</b> a) 22 h b) 11 h	<b>Selbststudium</b> 57 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis der verschiedenen Detektionsmöglichkeiten für elektromagnetische und Teilchen-Strahlung und verstehen die entsprechenden theoretischen Konzepte</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Datenerfassung und Datenanalyse in den verschiedenen Anwendungsbereichen der Astronomie und Astrophysik und können diese auf andere Bereiche der Physik übertragen</li> <li>• sind die Studierenden mit den grundlegenden Messtechniken praktisch vertraut und können diese selbständig auf einfache Beispiele anwenden</li> <li>• sind Studierende in der Lage selbständig Recherche-Anfragen an fachspezifische Datenbanken und -Archive zu stellen und die erhaltenen Daten in Browser- Anwendungen zu bearbeiten</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Das Modul bietet einen wellenlängenübergreifenden Überblick über die physikalischen Grundlagen der astronomischen und astrophysikalischen Messprozesse. Dabei wird das elektromagnetische Spektrum von Radio- bis hin zu Röntgen- und Gammastrahlung behandelt und um Aspekte der Teilchenastro- und Gravitationswellenphysik ergänzt. Dazu werden sowohl moderne Teleskope (erdgebunden, wie auch im Weltraum) sowie die eingesetzten Detektoren diskutiert. Die Veranstaltung umfasst die Kapitel: Signal und Detektion, Optik, Detektoren, Teleskope, Photometrie, Spektroskopie, Atmosphäre, Observatorien, Adaptive Optik, Interferometrie					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest. Das F-Praktikum wird über praktische Übungen und Protokolle geprüft. Beide Noten gehen mit den CP-gewichtet in die Modulnote ein.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform:					

Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

**Verwendung des Moduls** Wahlmodul

**Stellenwert der Note für die Endnote** Gewichtung mit CP

**Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende** Prof. Dr. Dettmar

**Sonstige Informationen:**

<b>Mathematik IV</b>					
<b>Modul 16j</b>	<b>Credits</b> 9 CP	<b>Workload</b> 270 h	<b>Semester</b> ab 4. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Mathematik für Physiker und Geophysiker IV b) Übung Mathematik für Physiker und Geophysiker IV			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 204 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse aus Mathematik I-III sind wünschenswert <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls</li> <li>• kennen Studierende die Grundbegriffe aus den ausgewählten Themengebieten und können die entsprechenden mathematischen Konzepte erläutern</li> <li>• kennen sie die zugehörigen mathematischen Argumentations- und Beweistechniken und können diese in einfachen Situationen selbständig anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Die Vorlesung befasst sich mit mindestens zwei der folgenden Themengebiete: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionentheorie: komplexe Differenzierbarkeit, Cauchy'scher Integralsatz, Laurentreihen, Residuensatz</li> <li>• Gewöhnliche Differentialgleichungen: Existenz und Eindeutigkeit, lineare Systeme, qualitative Theorie</li> <li>• Differentialformen und Integration auf Mannigfaltigkeiten</li> <li>• Lebesgue'sche Integrationstheorie: Lebesgue-Maß, Lebesgue-Integral, Konvergenzsätze, <math>L_p</math>-Räume</li> <li>• Fouriertransformation und Fourierreihen</li> <li>• Funktionalanalysis: Lineare Operatoren, Hilberträume, Spektraltheorie</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 180 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Abbondandolo					
<b>Sonstige Informationen</b> Für einen erfolgreichen Modulabschluss sind der regelmäßige Besuch der Lehrveranstaltungen sowie eine gewissenhafte Beschäftigung mit den Übungsaufgaben unabdingbar.					



<b>Einführung in die mathematischen Hilfsmittel der Physik (Physik-Vorkurs)</b>					
<b>Modul 16f</b>	<b>Credits</b> 5 CP	<b>Workload</b> 150 h	<b>Semester</b> vor dem 1. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesungen zum Physik-Vorkurs b) Lerngruppe zum Physik-Vorkurs			<b>Kontaktzeit</b> a) 48 h b) 52 h	<b>Selbststudium</b> 50 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über die benötigten Rechentechniken für die Module „Physik I“ und „Mathematische Methoden I“</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden, mathematischen Konzepte, welche für das Modul „Mathematik für Physik-Studierenden I“ benötigt werden</li> <li>• sind Studierende sowohl mit dem eigenständigen Bearbeiten von Übungsaufgaben als auch mit der Arbeit im Team vertraut</li> <li>• können Studierende ihr eigenes Lernverhalten reflektieren</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Grundlagen der Mathematik in folgenden Bereichen: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Grundlagen (Funktionenbegriff, Koordinatensysteme, Winkelfunktionen etc.)</li> <li>2) Vektoren</li> <li>3) Transformationen und Matrizen</li> <li>4) Differentialrechnung</li> <li>5) Integralrechnung</li> </ol>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Lerngruppen					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 90 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Krabbe, Dr. Möller, Cleve,					
<b>Sonstige Informationen</b> Das Modul ist nur für B.Sc. Physik anrechenbar, wenn es vor dem ersten Fachsemester belegt wurde. Alternativ kann auch das Modul „Mathematischer Vorkurs für künftige Studierende der Mathematik und Physik“ oder „KoMeT“ gewählt werden. Es kann aber nur ein Modul angerechnet werden.					

<b>Medizinische Physik I</b>					
<b>Modul 16k</b>	<b>Credits</b> 6 CP	<b>Workload</b> 180 h	<b>Semester</b> ab 5. Sem.	<b>Turnus</b> Nicht im WiSe 23/24	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Medizinische Physik I b) Übung Medizinische Physik I			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 114 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse der Physik I-III und der Einführung in die Kern- und Teilchenphysik werden empfohlen <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Funktionen und physikalischen Prinzipien des menschlichen Körpers</li> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über bildgebenden Verfahren in der Medizin</li> <li>• sind Studierende mit den Methoden der Diagnostik und der Therapie in der modernen Medizin vertraut</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <b>1. Physiologische Grundlagen des Körpers</b> <b>2. Biomechanik des Körpers</b> (Schwerpunkt, Hebel, Drehgelenke, Elastizität, Plastizität, Energiehaushalt, Leistungsmessung) <b>3. Physikalische Prinzipien von Organen</b> (Akustische Sinneswahrnehmung, Optisches Sinneswahrnehmung, Herz, Kreislauf, EKG, Lungenaktion, Niere) <b>4. Bildgebende Verfahren</b> (Röntgen, CT, Angiographie, Szintigraphie, PET, MRI, Sonographie)					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> N.N.					
<b>Sonstige Informationen</b> Alternativ kann das Modul „Medizinphysik I“ an der TU Dortmund gehört werden.					

<b>Medizinische Physik II</b>					
<b>Modul 16L</b>	<b>Credits</b> 6 CP	<b>Workload</b> 180 h	<b>Semester</b> ab 6. Sem.	<b>Turnus</b> Nicht im WiSe 23/24	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Medizinische Physik II b) Übung Medizinische Physik II			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 114 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse der Physik I-III, der Einführung in die Kern- und Teilchenphysik sowie der Medizinischen Physik I werden empfohlen <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die grundlegenden physikalischen Prinzipien der Strahlentherapie,</li> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über therapeutische Laseranwendungen</li> <li>• sind Studierende mit biokompatiblen Materialien vertraut</li> <li>• sind sich Studierende über die diagnostischen Möglichkeiten der Mikroskopie und Spektroskopie vertraut</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <b>5. Strahlentherapie</b> (Röntgen, Gamma, Protonen, Neutronen, Brachytherapie) <b>6. Biokompatible Materialien</b> (Künstliche Gelenke, Stents, Nanomaterialien) <b>7. Laseranwendungen</b> (Augen, Onkologie, Chirurgie, Endoskopie, etc.) <b>8. Mikroskopie und Spektroskopie</b>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 90 min, mündlichen Prüfung von 45 min oder einem Übungsschein mit wöchentlichen Hausaufgaben und aktiver Beteiligung in den Übungen) für die Vorlesung fest.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Je nach festgelegter Prüfungsform: Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung oder Erlangen von mindestens 50 % der möglichen Punkte in den wöchentlichen Übungsaufgaben. In diesem Fall ist außerdem eine aktive Beteiligung in der Übung obligatorisch. Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> N.N.					
<b>Sonstige Informationen</b> Alternativ kann das Modul „Medizinphysik II“ an der TU Dortmund gehört werden.					

<b>Messmethoden der Physik</b>					
<b>Modul 16n</b>	<b>Credits</b> 4 CP	<b>Workload</b> 120 h	<b>Semester</b> ab 5. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Messmethoden der Physik b) Übung zu den Messmethoden der Physik			<b>Kontaktzeit</b> a) 22 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 76 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über die wichtigsten physikalische Messvorgänge, insbesondere über die problemorientierte Wahl von Komponenten für eine Messvorrichtung</li> <li>• haben Studierende erste praktische Erfahrungen im Umgang mit komplexeren Labor-Messeinrichtungen gesammelt</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Methoden der Signalaufbereitung und Datenanalyse, insbesondere durch Analogelektronik (RC, Diode, Transistor, OPAMP)</li> <li>• sind mit den Funktionsprinzipien und Einsatzbereichen ausgewählter Detektoren vertraut</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Vermittlung der Messprinzipien und -techniken in der Physik: Grundstrukturen und Übertragungseigenschaften von Messstrecken; Fehlerquellen und deren Berücksichtigung in Messaufbau und Datenauswertung; Grenzen der Messgenauigkeit und Maßnahmen zur Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses; Detektoren für Teilchen und elektromagnetische Strahlung. Da praktisch alle Messungen durch elektrische Signale vermittelt werden, wird in dieser Vorlesung großer Wert auf Analogelektronik und Analog/Digitalwandlung gelegt. Letztere wird beispielhaft mit einem Interfacebaustein (Arduino Duemilanove USB) praktisch durchgeführt. Begleitende Übungen in Form von Haus- und Präsenzaufgaben und in praktischen Demonstrationen an Laboraufbauten; eigenständige Durchführung von Messaufgaben im Labor nach Maßgabe von Teilnehmerzahl und vorhandener Ausstattung.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (mündliche Prüfung von 45 min, Klausur von 90 min oder ein Referat +Handout von 30 Minuten Dauer) für die Vorlesung fest.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Holland-Moritz					
<b>Sonstige Informationen</b>					

<b>Präsentation physikalischer Inhalte</b>					
<b>Modul 16o</b>	<b>Credits</b> 2 CP	<b>Workload</b> 60 h	<b>Semester</b> ab 3. Sem.	<b>Turnus</b> Nicht im WiSe 23/24	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Seminar Präsentation physikalischer Inhalte b) Übung Präsentation physikalischer Inhalte			<b>Kontaktzeit</b> a) 11 h b) 11 h	<b>Selbststudium</b> 38 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) 30 b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über unterschiedliche Vortragstechniken</li> <li>• sind sich Studierende über die Möglichkeiten der Anpassung einer Präsentation an unterschiedliche Zielgruppen bewusst</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Erarbeitung, Aufbereitung und Vertiefung von physikalischen Inhalten zur Vorbereitung eines Vortrags</li> <li>• sind mit vertraut mit Computerprogrammen zur Erstellung einer Präsentation</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen ihrem Auftreten bei einer Präsentation und der Wirkung auf die Zuhörer erkennen und dies zur Erreichung einer gewünschten Botschaft der Präsentation anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Die Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse soll anhand der Erarbeitung von Präsentationen zu modernen beispielhaften Themen (z.B. anhand von Artikeln aus „Spektrum der Wissenschaft“, aktuelle Nobelpreise, Darstellung der Ergebnisse eines Projektpraktikums usw.) erlernt werden. Die Teilnehmer sollen selbst einen Vortrag erarbeiten, wobei auch das Eingehen auf unterschiedliche Zielgruppen (z.B. Mitstudierende auf gleichem Niveau, Schülerinnen und Schüler, Zeitungsleserinnen und -leser, populärwissenschaftlicher Abendvortrag usw.) geübt werden soll. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bibliotheksarbeit</li> <li>- Ressourcen im Internet</li> <li>- Datenbanken</li> <li>- Präsentationstechniken (Folien, Poster, Powerpoint usw.)</li> <li>- Diskussion</li> </ul> Als weiterer Punkt soll eine kurze Präsentation eigener Forschungsergebnisse (auf Englisch) geprobt werden, wie sie auf wissenschaftlichen Tagungen üblich ist.					
<b>Lehrformen</b> Seminar, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Präsentation					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> aktive Teilnahme an den Seminaren (>75%), Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> N.N.					
<b>Sonstige Informationen</b>					

<b>Quantenmechanik II / Advanced Quantum Mechanics</b>					
<b>Modul 16q</b>	<b>Credits</b> 6 CP	<b>Workload</b> 180 h	<b>Semester</b> ab 5. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Advanced Quantum Mechanics b) Übung Advanced Quantum Mechanics			<b>Kontaktzeit</b> a) 44 h b) 22 h	<b>Selbststudium</b> 114 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> keine <b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse der Einführung in die Quantenmechanik und Statistik werden vorausgesetzt <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Verständnis über fortgeschrittene Konzepte der Quantenmechanik, die es ihnen ermöglichen, komplexe physikalische Sachverhalte zu analysieren</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge zwischen Symmetrien in der Quantenmechanik und dem zugrundeliegenden mathematischen Formalismus der Gruppentheorie erkennen und anwenden</li> <li>• haben Studierende einen Überblick über die wesentlichen Näherungsmethoden der Quantenmechanik und können diese zur Beschreibung nichtrelativistischer Phänomene selbstständig anwenden</li> <li>• sind Studierenden mit der Streutheorie und mit der quantenmechanischen Behandlung von identischen Teilchen vertraut</li> <li>• haben Studierende Grundkenntnisse der relativistischen Feldgleichungen und ihrer Quantisierung erworben</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Symmetrien in der Quantenmechanik, Addition von Drehimpulsen, Auswahlregeln, Näherungsmethoden und ihre Anwendungen, Streutheorie, Systeme von identischen Teilchen, Feldquantisierung, relativistische Wellengleichungen					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Zu Beginn der Veranstaltung legt der Dozent/die Dozentin die Prüfungsform (Klausur von 180 min oder mündliche Prüfung von 45 min) für das Modul fest.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Epelbaum					
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein					

<b>Scientific English</b>					
<b>Modul 16r</b>	<b>Credits</b> 5 CP	<b>Workload</b> 120 h	<b>Semester</b> ab 4. Sem.	<b>Turnus</b> WiSe & SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Seminar Englisch für Studierende der Physik und Astronomie und anderer Fachbereiche (ab Niveau B1/B2) b) Online-Übung			<b>Kontaktzeit</b> a) 22 h	<b>Selbststudium</b> 98 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende a) 30 b) unbegrenzt
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <b>Formal:</b> Nachweis der Spracheignung durch einen Eingangstest (siehe <a href="http://www.zfa.rub.de">www.zfa.rub.de</a> ) <b>Inhaltlich:</b> keine <b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Studierenden sich selbst, ihr Studium und ihre Interessen prägnant und verständlich vorstellen</li> <li>• können die Studierenden wichtige Informationen aus Fachtexten herausfiltern, indem sie bestimmte Lesetechniken einsetzen. Sie können derart extrahierte Zitate und Beweisführungen für die Verteidigung des eigenen Standpunktes nutzen</li> <li>• können die Studierenden Funktion und Form verschiedener Textsorten erarbeiten und dieses Wissen in selbstproduzierten Texten kompetent anwenden</li> <li>• können die Studierenden sowohl wesentliche als auch Detailinformationen aus Hör- und Lesetexten verstehen und diese anderen klar, präzise und prägnant vermitteln, sowohl mündlich als schriftlich</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, ein Thema ihres Interesses für Nicht-Experten (Laien) in einem Vortrag zugänglich zu machen und dazu Fragen zu beantworten</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, in einer Diskussion über Fachthemen und Themen von eigenem Interesse persönliche Standpunkte und Meinungen zu äußern und zu erfragen, Argumente und Gegenargumente zu formulieren sowie Vor- und Nachteile aufzuzeigen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Der Kurs ist unterteilt in eine Präsenzphase (2std.) und eine Onlinephase (frei ein teilbare Übungszeiten). Der Schwerpunkt im Präsenzkurs liegt auf der kommunikativen Sprachanwendung der Rezeption, Produktion, Interaktion und Mediation, sowohl in geschriebener als auch gesprochener Form. Dabei werden verschiedene Lesestrategien vermittelt und angewandt und es wird mit authentischen Hör- und Sehtexten auf Moodle gearbeitet. Weiterhin wird der spezifische Wortschatz im Bereich der Physik und Astronomie trainiert. Blended Learning: Der Kurs wird durch ein spezifisches E-Learning-Angebot begleitet, welches integrativer Bestandteil des Kurses ist. Er besteht demnach aus zwei Teilen: 1. Präsenzkurs. 2. Moodlekurs im Blended-Learning-Format, in dem mithilfe der bereitgestellten Materialien 4-5 unterschiedlichen Textsorten geschrieben und anhand des individuellen Feedbacks überarbeitet werden.					
<b>Lehrformen:</b> Seminar, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen:</b> Präsentation, Schreibportfolio, Hör-Diskussionstest von ca. 30 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> aktive Teilnahme an den Seminaren (>75%), Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Mariano					
<b>Sonstige Informationen</b> Dieses Modul wird vom Zentrum für Fremdsprachenausbildung ( <a href="http://www.zfa.rub.de">www.zfa.rub.de</a> ) angeboten.					

<b>Thermodynamics and Statistical Physics</b>					
<b>Modul 16s</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	6 CP	180 h	ab 6. Sem.	SoSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Vorlesung Thermodynamics and Statistical Physics b) Übung Thermodynamics and Statistical Physics			a) 44 h b) 22 h	114 h	Studierende a) unbegrenzt b) 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> Kenntnisse der Einführung in die Quantenmechanik und Statistik werden vorausgesetzt					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Studierende ein Grundverständnis über die Konzepte der statistischen Mechanik</li> <li>• kennen Studierende die grundlegenden Konzepte der Quantenstatistik</li> <li>• die Studierenden sind mit grundlegenden Definitionen der klassischen und quantenmechanischen Statistischen Physik vertraut</li> <li>• können die Studierende typische Probleme der nicht wechselwirkenden Vielteilchenphysik lösen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
Quantenstatistik und klassische statistische Mechanik, Thermodynamik, Anwendungen. Ausgangspunkt ist die einfache Statistik vieler Teilchen, Thermodynamik wird daraus abgeleitet. Danach Quantenstatistik mit Anwendungen.					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur von 120 min					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Innocenti					
<b>Sonstige Informationen</b> Unterrichtssprache kann englisch sein					



<b>Theoretisches Minimum</b>					
<b>Modul 16t</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	2 CP	60 h	ab 4. Sem.	SoSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Seminar Theoretisches Minimum			a) 11 h	38 h	Studierende a) 30 b) 30
b) Übung Theoretisches Minimum			b) 11 h		
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Formal:</b> keine					
<b>Inhaltlich:</b> keine					
<b>Vorbereitung:</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierende mit den wichtigsten mathematischen Fertigkeiten (Werkzeuge der Theoretischen Physik) vertraut</li> <li>• können Studierende Integrale, Differentialgleichungen und Problemen in der linearen Algebra (auch Vektoralgebra) eigenständig und fehlerfrei lösen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
<p>Mathematische Methoden zur Lösung von Integralen, Differentialgleichungen und Problemen in der linearen Algebra (Vektoralgebra). Die Seminararbeit wird aus zwei (methodischen und praktischen) Teilen bestehen. Das methodische Seminar findet einmal in zwei Wochen statt. Im Seminar wird jeweils eine bestimmte mathematische Methode ausführlich erklärt und besprochen. Für den praktischen Teil der Arbeit wird jeder Studierende zwei individuelle Problemsätze erhalten. Der erste Satz von mehreren einfachen Aufgaben wird im methodischen Seminar ausgehändigt und ist innerhalb der folgenden Woche zu lösen. Die Prüfung der Lösungen erfolgt in einem individuellen Gespräch mit dem Dozenten. Hat der Studierende die Aufgaben erfolgreich gelöst, erhält er den zweiten Satz mit fortgeschrittenen Aufgaben, deren Lösungen im nächsten methodischen Seminar abzugeben sind. Wurden die Aufgaben des ersten Satzes nicht erfolgreich gelöst, werden die Probleme besprochen und der Studierende erhält einen zweiten Satz mit wiederum einfach zu lösenden Aufgaben, deren Lösungen dann im nächsten methodischen Seminar abzugeben sind.</p>					
<b>Lehrformen</b> Seminar, praktische Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Die Leistungskontrolle erfolgt in den individuellen Gesprächen mit dem Dozenten. Die schriftlichen Lösungen der gestellten Aufgaben werden benotet.					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Prüfungsleistung					
<b>Verwendung des Moduls</b> Wahlmodul					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Gewichtung mit CP					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Gegelia					
<b>Sonstige Informationen</b>					

## Aus dem Fach **Chemie**

Modul	Credits	Workload	Semester	Dauer
Allgemeine Chemie für Studierende der Physik (187113)	6 CP	180 h	ab 1. Sem.	1 Semester

## Aus der Fakultät **Informatik**

Modul	Credits	Semester	Weitere Infos	Dauer
Information Theory (211007)	5 CP	ab 4. Sem.	<a href="https://qi.rub.de/it_ss23">https://qi.rub.de/it_ss23</a> < <a href="https://qi.ruhr-uni-bochum.de/it_ss23">https://qi.ruhr-uni-bochum.de/it_ss23</a> >	1 Semester
Introduction to Computational Neuroscience (211046)	6 CP	ab 4. Sem.		1 Semester
Introduction to Artificial Intelligence (211045)	6 CP	ab 4. Sem.		1 Semester
Artificial Neural Networks (212006)	6 CP	ab 5. Sem,		1 Semester
Informatik 2 - Algorithmen und Datenstrukturen (211002)	9 CP	ab 5. Sem,		1 Semester

## Aus der Fakultät für **Mathematik**

Modul	Credits	Workload	Semester	Dauer
Einführung in die Programmierung	6 CP	180 h	ab 2. Sem.	1 Semester
Einführung in die Numerik	9 CP	270 h	ab 4. Sem.	1 Semester
Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und mathematische Statistik	9 CP	270 h	ab 5. Sem.	1 Semester

## **Programmiersprachen**

Aus dem Angebot der RUB ist ein einführendes Modul in die Programmierung bzw. Informatik und ein vertiefendes Modul in eine Programmiersprache (C, C++, Python, Java, PHP oder Modula) im B.Sc. Physik anrechenbar (z.B. das Modul "Informatik I – Programmieren (212004).

Alle Module aus dem Angebot der RUB können gewählt werden.

## Aus dem Angebot des **RUBION**

Modul	Credits	Workload	Semester	Dauer
Grundkurs im Strahlenschutz nach der Fachgruppe S4.1	5 CP	150 h	ab 4. Sem.	Blockkurs

## Aus dem Angebot des **Schreibzentrums**

<b>Modul</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>
Intensivmodul Abschlussarbeiten in den Natur- und Ingenieurwissenschaften	5 CP	150 h	ab 4. Sem.	1 Semester

## Aus dem Angebot der Fakultät für **Wirtschaftswissenschaften**

- Einführung in die BWL
- Einführung in das Rechnungswesen/Controlling
- Corporate Finance I: Finanzierung & Investition
- Corporate Finance II: Finanzielles Risikomanagement
- Corporate Finance III: Kapitalmarkttheorie
- Start-Up I: Grundlagen der Existenzgründung
- Start-Up II: Coaching-Workshop für Existenzgründer
- Start-Up III: Grundlagen der Businessplanerstellung
- Statistik I