

Modulhandbuch

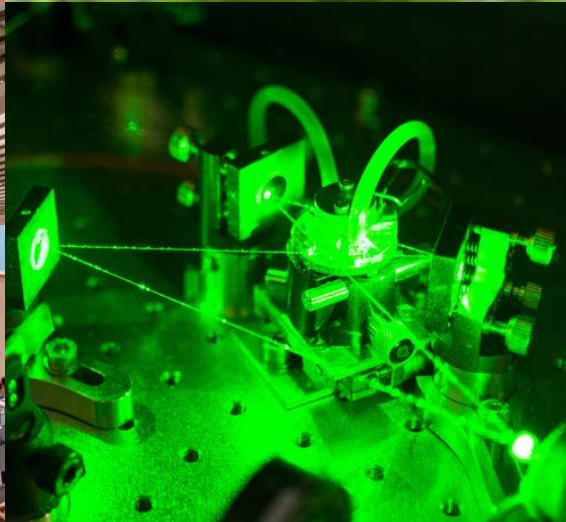
Bachelor-of-Science (B.Sc.)

Physik

Physikalisches Institut
Fakultät für Mathematik und Physik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



**UNI
FREIBURG**



Fach	Physik
Abschluss	Bachelor of Science (B.Sc.)
Prüfungsordnungs- version	2020
Studienform	Vollzeit
Regelstudienzeit	6 Semester
Studienbeginn	Wintersemester
Hochschule	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Fakultät	Fakultät für Mathematik und Physik
Institut	Physikalisches Institut
Homepage	www.physik.uni-freiburg.de
Profil des Studiengangs	<p>Der B.Sc. Studiengang in Physik ist wissenschaftsorientiert und vermittelt im Rahmen seiner aufeinander aufbauenden Kursvorlesungen die volle Breite der experimentellen und theoretischen Grundlagen der Physik. Ziel ist eine möglichst breite Physikausbildung und eine dadurch bedingte Berufsbefähigung. Diese wird durch eine begrenzte fachliche Schwerpunktsetzung und insbesondere durch die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen innerhalb und außerhalb der fachlichen Ausbildung unterstützt. Der Bachelor-Studiengang ermöglicht somit einerseits einen frühen Einstieg ins Berufsleben und befähigt andererseits die Absolventen/innen zu einem weiterführenden Studium, etwa im Rahmen eines anschließenden Masterstudiums.</p>
Ausbildungsziele/ Qualifikationsziele des Studiengangs	<p>Die wesentlichen Kompetenzen für eine spätere naturwissenschaftlich-technische Tätigkeit, die durch das Studium vermittelt werden, sind neben der fachlichen Ausgewiesenheit etwa das sichere Beherrschen der grundlegenden Mathematik, der vertraute Umgang mit Mess- und Gerätetechnik, die selbständige Bewertung und Einschätzung von Forschungsergebnissen, die konstruktive Mitarbeit in einem Team, sowie die Fähigkeit komplexe Sachverhalte analysieren, darstellen und erklären zu können. Neben dem fachspezifischen Wissen werden auch berufsfeldbezogene Schlüsselkompetenzen vermittelt, um etwa den diversen Anforderungen auf dem Arbeitsmarkt zu begegnen.</p>
Sprache	deutsch
Zugangs- voraussetzungen	Hochschulzugangsberechtigung (Abitur)

Vorbemerkungen:

Dieses Modulhandbuch ersetzt nicht das Vorlesungsverzeichnis, welches jedes Semester aktualisiert und veröffentlicht wird und jeweils aktuelle Informationen zu den Veranstaltungen enthält (z.B. Zeit, Ort und Dozent).

Verzeichnis der Abkürzungen

BOK	Berufsfeldorientierte Kompetenzen
B.Sc.	Bachelor-of-Science
HISinOne	das Campus Management-Portal an der Universität Freiburg (enthält Vorlesungsverzeichnisse und Studienplaner, sowie Leistungsübersichten und Prüfungsanmeldemöglichkeit)
PL	Prüfungsleistung (benotete Leistungen; gehen in die Endnote ein)
SL	Studienleistung (unbenotete Leistungen; gehen nicht in die Endnote ein)
V	Vorlesung
Ü	Übungen
S	Seminar
Lab	Laborpraktika
SoSe	Sommersemester
WiSe	Wintersemester
ECTS	Leistungspunkte gemäß dem <i>European Credit Transfer System</i>
SWS	Semesterwochenstunden (1 SWS entspricht einer Veranstaltung von 45 Minuten Dauer, die im Semester wöchentlich stattfindet)

Inhaltsverzeichnis

1. Bachelor of Science (B.Sc.) Physik	3
1.1. Struktur und Aufbau des Studiengangs	3
1.2. Studien- und Prüfungsleistungen	5
1.3. Arbeitsaufwand / ECTS-Punkte System	5
1.4. Pflicht- und Wahlpflichtmodule	5
1.5. Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK)	6
1.6. Bachelorarbeit	6
1.7. Gesamtnote	7
2. Studienorganisation.....	8
2.1. Zeitlicher Studienverlauf / Studienplan	8
2.2. Belegung von Lehrveranstaltungen.....	9
2.3. Anmeldung zu Studien- und Prüfungsleistungen.....	9
2.4. Wiederholung von Prüfungen.....	9
3. Beschreibung der Module	10
3.1. Pflichtbereich	10
3.1.1. Mathematik A (9 ECTS Punkte).....	11
3.1.2. Mathematik B (9 ECTS Punkte).....	13
3.1.4. Mathematik C (9 ECTS Punkte).....	15
3.1.5. Mathematik D (9 ECTS Punkte).....	17
3.1.6. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte)	19
3.1.7. Experimentalphysik B (7 ECTS Punkte)	21
3.1.8. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte)	22
3.1.9. Experimentalphysik D (7 ECTS Punkte)	23
3.1.10. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte).....	24
3.1.11. Theoretische Physik B (8 ECTS Punkte)	27
3.1.12. Theoretische Physik C (8 ECTS Punkte)	29
3.1.13. Physiklabor A (17 ECTS Punkte)	31
3.1.14. Physiklabor B (12 ECTS Punkte)	33
3.1.15. Bachelormodul (12 ECTS Punkte)	35

3.2. Wahlpflichtbereich.....	37
3.2.1. Wahlpflichtmodul Physik (11 ECTS Punkte).....	37
3.2.2. Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik (5 ECTS Punkte).....	39
3.2.3. Fachfremdes Wahlpflichtmodul (8 ECTS Punkte)	40
4. Physikveranstaltungen im Wahlpflichtbereich.....	41
4.1.1. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte)	42
4.1.2. Biophysik: Grundlagen und Konzepte (7 ECTS Punkte)	43
4.1.3. Datenanalyse für Naturwissenschaftler/innen: Statistische Methoden in Theorie und Praxis (7 ECTS Punkte)	44
4.1.4. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte).....	46
4.1.5. Einführung in die Moderne Digitalelektronik (7 ECTS Punkte)	47
4.1.6. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte)	48
4.1.7. Dynamische Systeme in der Biologie (7 ECTS Punkte)	49
4.1.8. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte).....	50
4.1.9. Einführung in Maschinelles Lernen (7 ECTS Punkte).....	51

1. Bachelor of Science (B.Sc.) Physik

1.1. Struktur und Aufbau des Studiengangs

Der Gesamtumfang des Studiengangs B.Sc. Physik entspricht 180 ECTS-Punkten. Dabei entfallen 160 ECTS-Punkte auf das Hauptfach Physik, wobei mindestens 8 und höchstens 13 ECTS-Punkte davon in fachfremden Wahlmodulen erbracht werden. Die restlichen 20 ECTS-Punkte werden als Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK) absolviert, wobei 12 ECTS-Punkte davon als interne BOK am Physikalischen Institut und weitere 8 ECTS-Punkte extern am Zentrum für Schlüsselqualifikationen (ZfS) erbracht werden.

Die Module im Pflicht- und im Wahlpflichtbereich sind in folgender Tabelle dargestellt.

Pflichtbereich:

Modul	Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS-Punkte	FS	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Mathematik A	Analysis I	V+Ü	4 + 2	9	1	SL: Übungen SL: Klausur
Mathematik B	Lineare Algebra I	V+Ü	4 + 2	9	1	SL: Übungen SL: Klausur
Mathematik C	Mathematik I für Studierende der Physik	V+Ü	4 + 2	9	2	SL: Übungen PL: Klausur
Mathematik D	Mathematik II für Studierende der Physik	V+Ü	4 + 2	9	3	SL: Übungen und/oder Klausur
Experimentalphysik A	Experimentalphysik I	V+Ü	4 + 2	6	1	SL: Übungen SL: Klausur
	Experimentalphysik II	V+Ü	4 + 2	6	2	SL: Übungen SL: Klausur
	Modulabschlussprüfung ¹⁾			4	2	PL: mündliche Prüfung
Experimentalphysik B	Experimentalphysik III	V+Ü	4 + 2	7	3	SL: Übungen PL: Klausur
Experimentalphysik C	Experimentalphysik IV	V+Ü	4 + 2	7	4	SL: Übungen PL: Klausur
Experimentalphysik D	Experimentalphysik V	V+Ü	4 + 2	7	5	SL: Übungen PL: Klausur
Theoretische Physik A	Theoretische Physik I	V+Ü	4 + 2	7	2	SL: Übungen SL: Klausur
	Theoretische Physik II	V+Ü	4 + 2	7	3	SL: Übungen SL: Klausur
	Modulabschlussprüfung ²⁾			4	3	PL: mündliche Prüfung
Theoretische Physik B	Theoretische Physik III	V+Ü	4 + 2	8	4	SL: Übungen PL: Klausur
Theoretische Physik C	Theoretische Physik IV	V+Ü	4 + 2	8	5	SL: Übungen PL: Klausur

Physiklabor A	Wissenschaftliches Programmieren	V+Ü	2 + 2	5	1	SL: Übungen und/oder Klausur
	Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1	Lab	5	6	2	PL: mündl. Prüfung, prakt. Leistung und schriftl. Ausarbeitung (Protokoll)
	Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2	Lab	5	6	3	PL: mündl. Prüfung, prakt. Leistung und schriftl. Ausarbeitung (Protokoll)
Physiklabor B	Experimentelle Methoden	V+Ü	2 + 2	5	4	SL: Übungen und/oder Klausur
	Physiklabor für Fortgeschrittene	Lab	10	7	5	PL: mündl. Prüfung, prakt. Leistung und schriftl. Ausarbeitung (Protokoll)
Bachelormodul	Bachelorarbeit			10	6	PL: schriftlich
	Bachelorkolloquium	K		2	6	SL: Vortrag

Wahlpflichtbereich:

Modul	Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS	Empf. FS	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Wahlpflichtmodul Physik	Seminar	S	2	4	4-6	PL: Vortrag
	Spezialvorlesung	V+Ü	3 + 2	7	4-6	SL: Übungen PL: Klausur oder mündl. Prüfung
Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik	Geeignete Lehrveranstaltung nach Wahl	variabel	-	5	4-6	SL
Fachfremdes Wahlpflichtmodul	Geeignete Lehrveranstaltung nach Wahl	variabel	-	8	2-6	SL

Abkürzungen in den Tabellen:

Art = Art der Veranstaltung; SWS = vorgesehene Semesterwochenstundenzahl; Empf. FS = empfohlenes Fachsemester; K = Kolloquium; S = Seminar; V = Vorlesung; Ü = Übung; Lab = Labor; PL = Prüfungsleistung; SL = Studienleistung

¹⁾ Die **Orientierungsprüfung** besteht aus der mündlichen *Modulabschlussprüfung Experimentalphysik A* und soll erstmalig am Ende des 2. Fachsemesters abgelegt werden, muss jedoch spätestens bis Ende des 3. Fachsemesters erfolgreich bestanden sein. Prüfungsgegenstand ist der Inhalt der Lehrveranstaltungen Experimentalphysik I und II.

²⁾ Voraussetzung für die Teilnahme an der mündlichen *Modulabschlussprüfung Theoretische Physik A* ist das Erbringen der Klausuren in Theoretischer Physik I und II. Prüfungsgegenstand ist der Lehrstoff beider Lehrveranstaltungen.

1.2. Studien- und Prüfungsleistungen

Ein Modul ist dann erfolgreich absolviert, wenn alle darin enthaltenen Studien- und Prüfungsleistungen erbracht wurden.

Studienleistungen (SL) sind individuelle Leistungen, die von den Studierenden im Zusammenhang mit Lehrveranstaltungen erbracht werden. In der Regel bestehen diese aus der erfolgreichen Teilnahme an schriftlichen Übungen oder an Klausuren. In Übungen, die auf einer Interaktion von Studierenden und Dozenten bzw. Tutoren beruhen, besteht die Erbringung der Studienleistung unter anderem auch in der regelmäßigen Teilnahme an den Veranstaltungen. Einzelheiten bestimmen die jeweiligen Dozenten und werden zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Studienleistungen sind nicht benotet und gehen somit nicht in die Endnote ein. Im Modul Theoretische Physik A ist das Bestehen der Klausuren zur Theoretischen Physik I und II Voraussetzung für die Zulassung zur Modulabschlussprüfung Theoretische Physik A.

Prüfungsleistungen (PL) sind schriftliche oder mündliche Modulprüfungen, in denen alle Komponenten eines Moduls abgeprüft werden. Prüfungsleistungen sind grundsätzlich benotet und gehen entsprechend der in 1.7 dargestellten Gewichtung in die Gesamtnote ein.

1.3. Arbeitsaufwand / ECTS-Punkte System

Das *European Credit Transfer System (ECTS)* ist ein System, das europaweit mehr Kompatibilität und Mobilität zwischen den Studiengängen der Hochschulen in den verschiedenen Ländern herstellen soll. Die im Studium zu erwerbenden ECTS-Punkte bestimmen den zeitlichen Aufwand der für ein Modul zu erbringen ist. Dabei entspricht ein ECTS-Punkt einem Arbeitsaufwand von etwa 30 Stunden pro Semester. Der Arbeitsaufwand beinhaltet die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen, deren Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie Prüfungsvorbereitung und Prüfungen. Das ECTS-System ermöglicht die Akkumulation von Punkten und Noten vom ersten Semester an und erleichtert damit die Dokumentation des Studienfortschritts.

1.4. Pflicht- und Wahlpflichtmodule

Pflichtmodule

Die Veranstaltungen im Pflichtbereich umfassen die Grundvorlesungen in Mathematik, Experimenteller und Theoretischer Physik, sowie die Physiklabore und die Bachelorarbeit. Außer bei der Wahl des Bachelorarbeitsthemas bestehen im Pflichtbereich keine Wahlmöglichkeiten.

Wahlpflichtmodul Physik

Die Veranstaltungen im Rahmen des Wahlpflichtmoduls Physik (ein Seminar und eine Spezialvorlesung) sind aus dem Angebot des B.Sc. Studiengangs Physik frei wählbar. Die erbrachten Leistungen sind benotet und gehen in die Endnote ein. Veranstaltungen aus den M.Sc. Studiengängen können nach Absprache mit dem jeweiligen Dozenten als Spezialvorlesung im B.Sc. Studiengang belegt werden.

Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik

In diesem Wahlpflichtmodul können beliebige Veranstaltungen aus den B.Sc. Studiengängen Physik und/oder Mathematik gewählt werden, die noch nicht im Rahmen anderer Module belegt wurden. Außerdem können ausgewählte Veranstaltungen der M.Sc. Studiengänge belegt werden. Die erbrachten Leistungen sind unbenotet und gehen somit nicht in die Endnote ein.

Fachfremdes Wahlpflichtmodul

Veranstaltungen im Rahmen des Fachfremden Wahlmoduls werden stets nach den Modalitäten der anbietenden Lehreinheit behandelt. Belegfristen und Bedingungen zum Erwerb der Studienleistungen sind dabei zu beachten. In vielen Fällen sind Anmeldungen erforderlich. Man sollte sich absolvierte Studienleistungen bescheinigen lassen, so dass diese anschließend durch das Prüfungsamt des Physikalischen Instituts verbucht werden können.

1.5. Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK)

Der Bereich „Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK)“ bietet den Studierenden die Möglichkeit Zusatzqualifikationen mit einem persönlichen Profil zu erwerben. Dabei sollen insbesondere übergreifende Schlüsselqualifikationen gefördert werden, um etwa den Anforderungen des Arbeitsmarktes zu begegnen. Zur Gestaltung und Organisation dieses Bereiches hat die Universität Freiburg eine eigene fakultätsübergreifende Einrichtung, das Zentrum für Schlüsselqualifikationen (ZfS), gegründet. Die BOK-Veranstaltungen des ZfS der Universität Freiburg gliedern sich in die Kompetenzfelder *Management, Kommunikation, Medien, EDV* und *Fremdsprachen*.

Im Bereich BOK sind insgesamt 20 ECTS-Punkte zu erwerben, wovon 12 ECTS bereits im Rahmen der Labore und eines Seminars am Physikalischen Institut erbracht werden („interne BOK“). Die übrigen 8 ECTS werden in Veranstaltungen des ZfS erbracht, wobei die Studierenden dabei frei wählen können, in welchen Bereichen sie Kompetenzen erwerben möchten.

Beachten Sie insbesondere auch das Angebot der BOK-Kurse des Physikalischen Instituts:

- Einführung in die Digitalelektronik
- Statistische Methoden der Datenanalyse

Das aktuelle Angebot ist den Vorlesungsverzeichnissen des Instituts und des ZfS zu entnehmen. Die Anmeldung muss in jedem Fall über das ZfS erfolgen. Das gesamte Angebot, die Teilnahmebedingungen, Anmeldemodalitäten und weitere Informationen entnehmen Sie bitte den Internetseiten des ZfS unter <http://www.zfs.uni-freiburg.de>.

1.6. Bachelorarbeit

Im Rahmen der Bachelorarbeit wird unter Anleitung ein Forschungsthema bearbeitet und eine eigenständige wissenschaftliche Arbeit angefertigt. Die/der Studierende wählt dazu eine/n Betreuer/in und ein allgemeines Arbeitsgebiet. Das eigentliche Bearbeitungsthema wird dann mit der Anmeldung der Bachelorarbeit von dem/von der Betreuer/in vergeben. Die Bearbeitungszeit beträgt vom Tag der Bekanntgabe des Themas und der Anmeldung exakt 3 Monate. Mit der Bachelorarbeit kann erst begonnen werden, wenn 120 ECTS-Punkte im Pflichtbereich erfolgreich absolviert wurden.

1.7. Gesamtnote

Die Gesamtnote errechnet sich aus den Noten der einzelnen Module gemäß folgender Gewichtung, die dem Arbeitsaufwand sowie der fachwissenschaftlichen Relevanz der jeweiligen Module Rechnung trägt:

Modul	Gewicht in der Gesamtnote
Mathematik C	13 Prozent
Experimentalphysik A	12 Prozent
Experimentalphysik B	5 Prozent
Experimentalphysik C	5 Prozent
Experimentalphysik D	5 Prozent
Theoretische Physik A	12 Prozent
Theoretische Physik B	6 Prozent
Theoretische Physik C	6 Prozent
Physiklabor A	8 Prozent
Physiklabor B	5 Prozent
Wahlpflicht Physik	9 Prozent
Bachelorarbeit	14 Prozent

2. Studienorganisation

2.1. Zeitlicher Studienverlauf / Studienplan

Der Verlauf des Studiums ist nicht vorgeschrieben, sofern die Rahmenbedingungen gemäß der Prüfungsordnung eingehalten werden. Es wird aber ein Studienverlauf entsprechend dem folgenden Plan empfohlen (Veranstaltungen eines Moduls tragen die gleiche Farbe):

FS	Mathematik Module		Theoretische Physik A - C	Experimentalphysik A - D	Physiklabore A + B	Mündl. Prüfungen	Wahlpflichtmodule	Σ ECTS
1	Lineare Algebra I 9 ECTS	Analysis I 9 ECTS		Experimentalphysik I 6 ECTS	Wissenschaftl. Programmieren 5 ECTS			29
2	Mathematik I für Studierende der Physik 9 ECTS		Theoretische Physik I 7 ECTS	Experimentalphysik II 6 ECTS	Physiklabor für Anfänger I 6 ECTS	Experimentalphysik A (Orientierungsprüfung) 4 ECTS		32
3	Mathematik II für Studierende der Physik 9 ECTS		Theoretische Physik II 7 ECTS	Experimentalphysik III 7 ECTS	Physiklabor für Anfänger II 6 ECTS	Theoretische Physik A 4 ECTS		33
4			Theoretische Physik III 8 ECTS	Experimentalphysik IV 7 ECTS	Experimentelle Methoden 5 ECTS		Fachfremdes Wahlpflichtmodul 8 ECTS	28
5			Theoretische Physik IV 8 ECTS	Experimentalphysik V 7 ECTS	Physiklabor für Fortgeschrittene 7 ECTS		Seminar 4 ECTS BOK 4 ECTS	30
6	Bachelorarbeit und Kolloquium 10+2 ECTS						Spezialvorlesungen 7 + 5 ECTS BOK 4 ECTS	28

Die Modulabschlussprüfung *Experimentalphysik A* ist die Orientierungsprüfung und muss bis spätestens Ende des 3. Fachsemesters erfolgreich abgelegt werden. Die mündlichen Modulabschlussprüfungen *Experimentalphysik A* und *Theoretische Physik A* finden in der Regel jeweils in einem 3-wöchigen Zeitraum zu Beginn eines Semesters statt.

Die Physiklabore werden jeweils in der vorlesungsfreien Zeit durchgeführt.

2.2. Belegung von Lehrveranstaltungen

Für die Teilnahme an Vorlesungen wird eine Online-Belegung empfohlen. Belegungen sind über das elektronische Campus-Management System HISinOne www.uni-freiburg.de/go/campus vor Vorlesungsbeginn bis Ende der Vorlesungszeit möglich. Die Belegung einer Vorlesung ist **nicht** bindend und verpflichtet **nicht** zur Teilnahme an den Übungen und der abschließenden Prüfung. Dafür sind separate Anmeldungen zu Studien- und Prüfungsleistungen notwendig (siehe 2.3).

Zur Teilnahme an den Physiklaboren ist zunächst eine Anmeldung bei der jeweiligen Laborleitung, z.B. online über die zentrale Lernplattform ILIAS <https://ilias.uni-freiburg.de>, notwendig (Details siehe unter www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore).

2.3. Anmeldung zu Studien- und Prüfungsleistungen

Zum Abschluss eines Moduls müssen alle darin enthaltenen Studien- und Prüfungsleistungen bestanden werden. **Studienleistungen** sind in der Regel die erfolgreiche Teilnahme an Übungen und/oder Klausuren. **Prüfungsleistungen** sind in der Regel Klausuren, mündl. Prüfungen, Seminarvorträge oder Laborpraktika. Für die Teilnahme an Studienleistungen oder studienbegleitenden Prüfungsleistungen ist eine fristgerechte Prüfungsanmeldung über das elektronische Campus-Management System HISinOne www.uni-freiburg.de/go/campus notwendig. Der gemeinsame Anmeldezeitraum der Physik beginnt zu Vorlesungsbeginn und endet eine Woche vor der ersten Prüfung. Innerhalb dieses Zeitraums sind sowohl Anmeldungen als auch Stornierungen möglich. Die genauen Termine und Modalitäten finden sich auf der Homepage des Prüfungsamts Physik www.physik.uni-freiburg.de/studium/pruefungen.

Die Anmeldung zu Klausuren sollte für den ersten anberaumten Klausurtermin erfolgen. Abweichend davon ist es für die Prüfungen der Kursvorlesungen gestattet zum Zwecke des Entzerrens von Prüfungsterminen sich erst zur Nachholklausur als Erstversuch anzumelden. Davon wird jedoch explizit abgeraten, da in diesem Fall eine Prüfungswiederholung erst wieder ein ganzes Jahr später möglich ist, was unter Umständen zu einer Studienzeiterverlängerung führt.

Online-Anmeldung zu den mündlichen Modulabschlussprüfungen *Experimentalphysik A* und *Theoretische Physik A* haben getrennt zu erfolgen. Die Anmeldefristen dazu werden vom Prüfungsamt Physik bekanntgegeben.

Für eine rechtzeitige Anmeldung zu den Studien- und Prüfungsleistungen ist der/die Student/in verantwortlich. Das Versäumen der Anmeldefrist führt zum Ausschluss von der Prüfung!

2.4. Wiederholung von Prüfungen

Nicht bestandene Prüfungsleistungen können einmal wiederholt werden. Die Wiederholungsprüfung muss zum nächstmöglichen Prüfungstermin stattfinden. Für **drei** Prüfungsleistungen wird zusätzlich eine weitere Wiederholung zugelassen. Ausgenommen davon ist die Bachelorarbeit, die nur einmal wiederholt werden darf. Die Wiederholung bereits bestandener Prüfungsleistungen zum Zwecke der Notenverbesserung ist nicht gestattet.

3. Beschreibung der Module

3.1. Pflichtbereich

Im Rahmen des Pflichtbereichs sind

- Module der Mathematik im Umfang von 36 ECTS-Punkten,
- Module der Theoretischen Physik im Umfang von 34 ECTS-Punkten,
- Module der Experimentalphysik im Umfang von 37 ECTS-Punkten,
- Physik-Labore und zugehörige Veranstaltungen im Umfang von 29 ECTS-Punkten,
- Und die Bachelorarbeit mit Kolloquium im Umfang von 12 ECTS-Punkten

zu absolvieren. Im Pflichtbereich bestehen keine Wahlmöglichkeiten.

3.1.1. Mathematik A (9 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-MathA	Mathematik A						9 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Mathematik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Analysis I	V	4	9	SL: Klausur	WiSe	
	Analysis I	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	9			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur. Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Anmeldung zur Übung (SL) und zur Klausur (PL) erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.						
Modulnote	-						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden lernen durch Vorlesung, Übung und selbständiges Nacharbeiten mathematische Inhalte zu erfassen. Sie kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren. • Sie erfahren den systematischen Aufbau der Mathematik aus axiomatischen Grundlagen und können diesen nachvollziehen und erklären. • Sie kennen und verstehen die grundlegende mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren. • Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Analysis I mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbständig lösen. • Sie nutzen Funktionen und analytische Methoden zur Bearbeitung von Problemen verschiedener mathematischer Gebiete, insbesondere zur Modellierung realer Phänomene. Sie erkennen Querverbindungen zur linearen Algebra und zur Physik und erhalten ein Grundverständnis für Probleme der Numerik. 						
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Mengenlehre, Äquivalenz- und Ordnungsrelationen • Einführung in die komplexen Zahlen, Euler-Formel, Beziehungen zu trigonometrischen und hyperbolischen Funktionen. • Beweisverfahren • Funktionen, Umkehrfunktionen • Folgen, Grenzwerte, Cauchy-Grenzwert, offene und geschlossene Mengen • Reihen, Konvergenzkriterien, Stetigkeit von Funktionen • Ableitung von Funktionen in einer Dimension, Ableitungsregeln • Integration von Funktionen in einer Dimension, Integrationsregeln • Taylor-Formel • Extremwertprobleme 						

Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Analysis I	V	60 h	120 h	180 h
	Analysis I	Ü	30 h	60 h	90 h
	Gesamt:		90 h	180 h	270 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	Empfohlen werden die Inhalte des Vorkurs Mathematik.				
Sprache	Deutsch				

3.1.2. Mathematik B (9 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-MathB		Mathematik B					9 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Mathematik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Lineare Algebra I	V	4	9	SL: Klausur	WiSe	
	Lineare Algebra I	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	9			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur. Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Anmeldung zur Übung (SL) und zur Klausur (PL) erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.						
Modulnote	-						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden lernen durch Vorlesung, Übung und selbständiges Nacharbeiten mathematische Inhalte zu erfassen. Sie kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren. • Sie erfahren den systematischen Aufbau der Mathematik aus axiomatischen Grundlagen und können diesen nachvollziehen und erklären. • Sie kennen und verstehen die grundlegende mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren. • Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Linearen Algebra I mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbständig lösen. • Sie nutzen Werkzeuge der Linearen Algebra zur Bearbeitung von Problemen verschiedener mathematischer Gebiete, sowie zur Formulierung und Lösung geometrischer Probleme. 						
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundbegriffe, Gruppen, Körper, Vektorräume über beliebigen Körpern, Basis und Dimension, lineare Abbildungen und darstellende Matrix, Matrizenkalkül • lineare Gleichungssysteme, Gauß-Algorithmus, Linearformen, Dualraum, Quotientenvektorräume und Homomorphiesatz, Determinante, Eigenwerte, Polynome, charakteristisches Polynom, Hauptraumzerlegung, Jordan'sche Normalform, Diagonalisierbarkeit. 						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe		
	Lineare Algebra I	V	60 h	120 h	180 h		
	Lineare Algebra I	Ü	30 h	60 h	90 h		

	Gesamt:		90 h	180 h	270 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	Empfohlen werden die Inhalte des Vorkurs Mathematik.				
Sprache	Deutsch				

3.1.4. Mathematik C (9 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-MathA	Mathematik C						9 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Mathematik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Mathematik I für Studierende der Physik	V	4	9	SL: Klausur	SoSe	
	Mathematik I für Studierende der Physik	Ü	2		SL: Übung	SoSe	
	Gesamt:		4+2	9			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur. Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Anmeldung zur Übung (SL) und zur Klausur (PL) erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden können... 						
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Topologien im \mathbb{R}^n • Ableitung (mehrkomponentiger) Funktionen, auch in mehreren Variablen, Ableitungsregeln • Taylor-Entwicklung • Gewöhnliche Differentialgleichungen • Koordinatensysteme, speziell Polar-, Zylinder- und Kugelkoordinaten. • Integration (mehrkomponentig), Wegintegration, Flächen- und Volumenintegration, Gauß'scher und Stokes'scher Satz • Symmetrische Bilinearformen: Orthogonalbasen, Sylvester'scher Trägheitssatz. • Euklidische und Hermitesche Vektorräume: Skalarprodukte, Kreuzprodukt, Gram'sche Determinante. • Gram-Schmidt-Verfahren, orthogonale Transformationen, (selbst-) adjungierte Abbildungen, Spektralsatz, Hauptachsentransformation. • Affine Räume. • Fourier Analyse • Distributionen 						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe		
	Mathematik I für Studierende der Physik	V	60 h	120 h	180 h		
	Mathematik I für Studierende der Physik	Ü	30 h	60 h	90 h		

	Gesamt:		90 h	180 h	270 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	Die Inhalte der Grundvorlesungen Analysis I und Lineare Algebra I werden vorausgesetzt.				
Sprache	Deutsch				

3.1.5. Mathematik D (9 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-HöMa	Mathematik D						9 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Mathematik II für Studierende der Physik	V	4	9	SL: Klausur	WiSe	
	Mathematik II für Studierende der Physik	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	9			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Studienleistungen bestehen aus einer schriftlichen Klausur und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	-						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden können die wesentlichen Zusammenhänge aus der Theorie der analytischen Funktionen beschreiben und herleiten. • Die Studierenden sind in der Lage, mit analytischen und holomorphen Funktionen zu rechnen. Sie können den Residuensatz anwenden. Sie können Lösungen der 2-dimensionalen Laplace-Gleichung unter verschiedenen Randbedingungen aus komplexen Funktionen konstruieren. • Die Studierenden können lineare homogene und inhomogene Differentialgleichungen auch in mehreren Variablen formal lösen. Sie erkennen die behandelten nicht-linearen gewöhnlichen Differentialgleichungen und wissen, welche Funktionen diese Gleichungen lösen. Sie können auch auf der Ebene von Funktionenräumen mit einer Vektorraumstruktur die Ergebnisse der Linearen Algebra (bezüglich der Eigenwerte und Eigenvektoren selbstadjungierter Operatoren) anwenden. 						
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionentheorie: Komplexe, holomorphe und meromorphe Funktionen, Laurent-Reihen. Cauchy-Riemann'sche Differentialgleichungen, Komplexe Integration, Satz von Cauchy, Satz von Liouville, Residuensatz. • Gewöhnliche Differentialgleichungen: Existenz- und Eindeutigkeitsätze, Lipschitz-Bedingungen, Lineare Differentialgleichungen, Wronski-Determinante; homogene und inhomogene Differentialgleichungen, Matrix-Exponentialfunktion. • Ein-dimensionale Sturm-Liouville-Probleme, Eigenwertprobleme, Orthogonalsysteme • Spezielle Differentialgleichungen: Bessel, Hermite, Legendre, hypergeometrisch, konfluent hypergeometrisch und ihre Lösungen. 						

Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Mathematik II für Studierende der Physik	V	60 h	120 h	180 h
	Mathematik II für Studierende der Physik	Ü	30 h	60 h	90 h
	Gesamt:	h	90 h	180 h	270 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	Die Inhalte der Grundvorlesungen Analysis I, Lineare Algebra I und Mathematik I für Studierende der Physik werden vorausgesetzt.				
Sprache	Deutsch				

3.1.6. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-ExA	Experimentalphysik A						16 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Experimentalphysik I	V	4	6	SL: Klausur	WiSe	
	Experimentalphysik I	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Experimentalphysik II	V	4	6	SL: Klausur	SoSe	
	Experimentalphysik II	Ü	2		SL: Übung	SoSe	
	Modulabschlussprüfung	P	-	4	PL: mündliche Prüfung	WiSe/ SoSe	
	Gesamt:			8+4	16		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Die Studienleistungen bestehen jeweils aus einer schriftlichen Klausur und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Studienleistungen sind nicht Voraussetzung für die Zulassung zur mündlichen Modulabschlussprüfung.</p> <p>Die Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch). Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung erfolgt online, nach Angaben des Prüfungsamts. Die Modulabschlussprüfung <i>Experimentalphysik A</i> gilt als Orientierungsprüfung und muss spätestens bis zum Ende des 3. Fachsemesters bestanden werden.</p>						
Modulnote	Die Note der mündlichen Modulabschlussprüfung bildet die Modulnote.						
Qualifikationsziele	<p>Experimentalphysik I</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der klassischen Mechanik und Thermodynamik eigenständig zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. <p>Experimentalphysik II</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der Elektrodynamik und der geometrischen und Wellenoptik eigenständig zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 						

Lehrinhalte	<p>Experimentalphysik I - Mechanik, Gase und Flüssigkeiten, Wärmelehre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kinematik des Massenpunktes & Newtonsche Mechanik: Gleichförmige & gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Newtonsche Gesetze, Inertialsysteme, Galilei Transformation, kinetische & potentielle Energie, Impuls • Mechanik starrer und deformierbarer Körper: Schwerpunkt, Trägheitsmomente, Steinerscher Satz, Haft-/Gleitreibung • Schwingungen und Wellen: erzwungene und gedämpfte Schwingung, Resonanz, gekoppelte Oszillatoren, Ausbreitung von Wellen, stehende Wellen, Akustik • Gase und Flüssigkeiten: Kinetische Gastheorie, Geschwindigkeitsverteilung, Druck, Hydrostatik, Strömungen, Kontinuitätsgleichung • Wärmelehre und Thermodynamik: Wärmekapazität, Wärmetransport, innere Energie, Erster Hauptsatz der Thermodynamik, ideales Gas, adiabatische Zustandsänderung, Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, Entropie, Carnot Prozess, Aggregatzustände <p>Experimentalphysik II - Elektromagnetismus und Optik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrostatik: Coulombsches Gesetz, elektrische Felder, elektrostatisches Potential, elektrischer Dipol, Strom und Spannung, • Magnetostatik: Lorentz-Kraft, Gesetz von Biot-Savart, magnetischer Dipol, Magnetismus • Elektrodynamik: Elektromagnetische Induktion, Wechselstrom, Schwingkreis, Hertz'scher Dipol • Elektromagnetische Wellen: Maxwell-Gleichungen, Wellenausbreitung, Interferenz, Dispersion, Polarisierung, Resonatoren, thermische Strahlung, Photonen • Grundlagen der geometrischen und Wellenoptik: Fermat'sches Prinzip, optische Abbildung, optische Komponenten 				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Experimentalphysik I	V	60 h	80 h	140 h
	Experimentalphysik I	Ü	30 h	40 h	70 h
	Experimentalphysik II	V	60 h	80 h	140 h
	Experimentalphysik II	Ü	30 h	40 h	70 h
	Modulabschlussprüfung	P		60 h	60 h
	Gesamt:		180 h	300 h	480 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	<p>Experimentalphysik I: Inhalte des Vorkurs Mathematik (Skript online)</p> <p>Experimentalphysik II: Experimentalphysik I und Mathematikvorlesungen</p>				
Sprache	Deutsch				

3.1.7. Experimentalphysik B (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-ExB	Experimentalphysik B						7 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Experimentalphysik III	V	4	7	PL: Klausur	WiSe	
	Experimentalphysik III	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	7			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur. Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Anmeldung zur Übung und Klausur erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der fortgeschrittenen Optik, der Quantenphysik und der Atomphysik eigenständig zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 						
Lehrinhalte	Experimentalphysik III - Spezielle Relativitätstheorie, Optik, Quantenphysik und Atomphysik <ul style="list-style-type: none"> Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie: Inertialsysteme, Lorentz-Transformation, Zeitdilatation, Längenkontraktion Fortgeschrittene Optik: Lichtpolarisation, Doppelbrechung, Polarisationsoptik, Gaußsche Strahlen, optische Resonatoren, Laser, Grundlagen der nicht-linearen Optik Quantenphysik: Quantenphänomene, Unschärferelation, Schrödinger-Gleichung, Axiome der Quantenmechanik, Bahn-Drehimpulse, Wasserstoffatom Struktur einfacher atomarer Systeme, Periodensystem, Wechselwirkung Licht-Materie 						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe		
	Experimentalphysik III	V	60 h	80 h	140 h		
	Experimentalphysik III	Ü	30 h	40 h	70 h		
	Gesamt:		90 h	120 h	210 h		
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik, Pflichtbereich						
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I und II						
Sprache	Deutsch						

3.1.8. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-ExC	Experimentalphysik C 7 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Experimentalphysik IV	V	4	7	PL: Klausur	SoSe
	Experimentalphysik IV	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Gesamt:		4+2	7		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur. Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Anmeldung zur Übung und Klausur erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.					
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der Atom-, Molekül- und Festkörperphysik eigenständig zu erarbeiten. Studierende können Lösungen vor Gruppe vorrechnen und diskutieren. 					
Lehrinhalte	Experimentalphysik IV - Atom-, Molekül und Festkörperphysik <ul style="list-style-type: none"> Komplexe atomare Systeme und periodisches System: Quantenmechanischer harmonischer Oszillator, He-Atom, Linienbreiten, Stern-Gerlach-Experiment, Elektronenspin und Bahndrehimpuls, Spin-Bahn-Kopplung, Zeeman-Effekt, Kernspin, Hyperfeinstruktur Struktur und Eigenschaften von Molekülen: Molekülbindung, elektronische Anregung, Franck-Condon Prinzip, Hybridisierung, Normalschwingungen Struktur und Eigenschaften von Festkörpern und Oberflächen: Bindungen im Festkörper, Kristallstruktur, Bloch-Theorem, Bragg-Streuung, Dynamik von Kristallgittern (Phononen) 					
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe	
	Experimentalphysik IV	V	60 h	80 h	140 h	
	Experimentalphysik IV	Ü	30 h	40 h	70 h	
	Gesamt:		90 h	120 h	210 h	
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-III					
Sprache	Deutsch					

3.1.9. Experimentalphysik D (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-ExD	Experimentalphysik D 7 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Experimentalphysik V	V	4	7	PL: Klausur	WiSe
	Experimentalphysik V	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Gesamt:		4+2	7		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur. Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Anmeldung zur Übung und Klausur erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.					
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der Kernphysik und Elementarteilchenphysik eigenständig zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 					
Lehrinhalte	Experimentalphysik V - Kern- und Elementarteilchenphysik <ul style="list-style-type: none"> Grundlagen von Streu- und Zerfallsprozessen Struktur und Eigenschaften von Atomkernen, Kernmodelle und Kernzerfälle Teilchenbeschleuniger und Teilchendetektoren Anwendungen der Kern- und Teilchenphysik Symmetrien, Spektrum der Elementarteilchen, elektromagnetische, starke und schwache Wechselwirkung Standardmodell der Teilchenphysik und seine Grenze 					
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe	
	Experimentalphysik V	V	60 h	80 h	140 h	
	Experimentalphysik V	Ü	30 h	40 h	70 h	
	Gesamt:		90 h	120 h	210 h	
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-IV					
Sprache	Deutsch					

3.1.10. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-TheoA	Theoretische Physik A 18 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Theoretische Physik I	V	4	7	SL: Klausur	SoSe
	Theoretische Physik I	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Theoretische Physik II	V	4	7	SL: Klausur	WiSe
	Theoretische Physik II	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Modulabschlussprüfung	P		4	PL: mündliche Prüfung	WiSe/ SoSe
	Gesamt:		8+4	18		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Die Studienleistungen bestehen jeweils aus einer schriftlichen Klausur und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Studienleistungen Klausur in <i>Theoretischer Physik I</i> und <i>Theoretischer Physik II</i> sind Voraussetzung für die Zulassung zur mündlichen Modulabschlussprüfung.</p> <p>Die Vorbereitung und erfolgreiche Teilnahme an den Klausuren fördert ein tieferes Verständnis der Inhalte und ist aus didaktischer Sicht die ideale Vorbereitung auf die benotete mündliche Modulabschlussprüfung, deren Gegenstand die Inhalte beider Lehrveranstaltungen sind.</p> <p>Die Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch). Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung erfolgt online, nach Angaben des Prüfungsamts.</p>					
Modulnote	Die Note der mündlichen Modulabschlussprüfung bildet die Modulnote.					
Qualifikationsziele	<p>Theoretische Physik I</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind in der Lage, zu mechanischen Problemstellungen die Lagrange-Funktion und die Bewegungsgleichung aufzustellen. Sie kennen den Zusammenhang zwischen Symmetrien und Erhaltungsgrößen und können diese in einfachen Fällen zur Reduktion der Freiheitsgrade nutzen. Sie können bei rotationsinvarianten Potenzialen das effektive Potenzial ableiten und daraus quantitativ die Form möglicher Bahnkurven bestimmen. • Die Studierenden kennen die Methode der Lagrange-Parameter zur Behandlung von Zwangsbedingungen und können diese auf einfache Probleme auch außerhalb der Mechanik anwenden. • Sie kennen die Zusammenhänge zwischen Nicht-Inertialsystemen und Scheinkräften und können die Phänomene im Zusammenhang mit den Coriolis-Kräften erklären. Sie kennen die Bewegungsgleichungen des starren Körpers, können diesen für den symmetrischen Fall lösen und können die verschiedenen Bewegungsformen (Präzession und Nutation) beschreiben und im Zusammenhang mit dem System Erde beschreiben. 					

	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. <p>Theoretische Physik II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen die Maxwell-Gleichungen und können die phänomenologische Bedeutung der einzelnen Terme beschreiben. • Die Studierenden sind in der Lage, einfache Randwertprobleme in der Elektrostatik und Magnetostatik zu lösen. Sie können die allgemeinen Lösungen mithilfe des skalaren Potentials bzw. Vektorpotentials in Poisson- und Wellengleichungen umformen. Sie können die Lösungen linearer Gleichungen mit Quelltermen mithilfe Green'scher Funktionen ausdrücken. Sie kennen die kovariante Formulierung der Maxwelltheorie. • Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.
<p>Lehrinhalte</p>	<p>Theoretische Physik I - Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kinematik des Massenpunktes und Newton'sche Mechanik, Erhaltungsgrößen, Schwingungen und Wellen, erzwungene Schwingungen, Resonanz. • Lagrange-Funktion und Hamilton'sches Prinzip, Beziehungen zwischen Invarianzen und Erhaltungsgrößen (Noether-Theorem) • allgemeine rotationsinvariante Potentiale, effektive Potentiale, speziell das Kepler-Problem • Inertialsysteme, Bezugssysteme, beschleunigte Bezugssysteme und Scheinkräfte, Coriolis-Kraft • starrer Körper, Trägheitstensor, Lösung des achsensymmetrischen Falls; Präzession und Nutation. • Hamilton'sche Mechanik, Phasenraum, Legendre-Transformation. • relativistische Mechanik des freien Punktteilchens, Minkowski-Raum, Raumzeit-Diagramme, relativistischer Doppler-Effekt (transversal und longitudinal) <p>Theoretische Physik II - Elektrodynamik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Vektoranalysis; Gradient, Divergenz, Rotation, Laplace-Operator auch in (orthogonalen) verallgemeinerten Koordinaten; Dirac-Funktion, Testfunktionen, Distributionen, Ableitungen von Distributionen; Green'sche Funktionen zum Laplace-Operator, zur Laplace-, Helmholtz- und Wellengleichung; retardierte und avancierte Green'sche Funktionen. • Maxwell-Gleichungen im Vakuum und in Materie in differentieller und integraler Form, Kontinuitätsgleichung, Lorentz-Kraft. • Elektrostatik, skalares Potential, Randwertprobleme, Multipolentwicklung • Magnetostatik, Vektorpotential, Eichfreiheit und Coulomb-Eichung • freie elektromagnetische Wellen • Energie des elektromagnetischen Feldes, Poynting-Vektor, Maxwell'scher Spannungstensor. • kovariante Formulierung der Maxwell-Gleichungen, Feldstärketensor und dualer Tensor, Viererstrom und Viererpotential. • Grundlagen der Maxwell-Gleichungen in Medien.

Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Theoretische Physik I	V	60 h	100 h	160 h
	Theoretische Physik I	Ü	30 h	50 h	80 h
	Theoretische Physik II	V	60 h	100 h	160 h
	Theoretische Physik II	Ü	30 h	50 h	80 h
	Modulabschlussprüfung	P		60 h	60 h
	Gesamt			180 h	360 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	Experimentelle Physik I, Analysis für Physiker und Lineare Algebra I. Die Studierenden sollten parallel zur Theoretischen Physik I die Lineare Algebra II hören.				
Sprache	Deutsch				

3.1.11. Theoretische Physik B (8 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-TheoB	Theoretische Physik B						8 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Theoretische Physik III	V	4	8	PL: Klausur	SoSe	
	Theoretische Physik III	Ü	2		SL: Übung	SoSe	
	Gesamt:		4+2	8			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur. Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Anmeldung zur Übung und Klausur erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden kennen die Schrödinger-Gleichung sowie die Grundaxiome der Quantentheorie. Sie können die Schrödinger-Gleichung in einfachen Fällen (Kastenpotenzial und harmonischer Oszillator) lösen und kennen die Lösungen für das Coulomb-Problem. Die Studierenden kennen den mathematischen Rahmen der Quantentheorie (Hilbertraum, lineare Operatoren). Sie können zu einem gegebenen klassischen Newton'schen System die zugehörige Quantentheorie formulieren. Sie kennen die Interpretation des Quantenzustands, die Born'sche Regel, die Heisenberg'sche Formulierung der Quantenmechanik sowie die Quantenmechanik einfacher Vielteilchensysteme. Sie kennen den Formalismus der zeitunabhängigen Störungstheorie und können diesen in niedrigster nicht-trivialer Ordnung auf einfache Probleme anwenden. 						
Lehrinhalte	Theoretische Physik III - Quantenmechanik <ul style="list-style-type: none"> Hilbertraum, Bra-Ket-Notation, spezielle lineare Operatoren (selbst-adjungierte Operatoren, Projektionsoperatoren, unitäre Operatoren), Eigenwerte, Eigenvektoren und Spektrum. Der Raum L^2. deBroglie-Beziehungen zwischen Energie und Frequenz bzw. Impuls und Wellenzahl, Doppelspaltexperiment, Schrödinger-Gleichung. Allgemeine Quantisierungsbedingungen. Lösungen der Schrödinger-Gleichung für unendliches Kastenpotenzial, endliches Kastenpotenzial (Tunneleffekt, Anschlussbedingungen), harmonischer Oszillator. allgemeines rotationsinvariantes Potenzial, gequantelter Bahndrehimpuls und magnetische Quantenzahl, Spin und Pauli-Prinzip. Speziell Coulomb-Problem. Zeitabhängige und zeitunabhängige Störungsrechnung, Einführung in die Streutheorie. Mehrteilchensysteme; Tensorprodukt, symmetrisierte bzw. antisymmetrisierte Zustände bei identischen Bosonen bzw. Fermionen. Begriff der Verschränkung. 						

Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Theoretische Physik III	V	60 h	90 h	150 h
	Theoretische Physik III	Ü	30 h	60 h	90 h
	Gesamt		90 h	150 h	240 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik				
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I und II				
Sprache	Deutsch				

3.1.12. Theoretische Physik C (8 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-TheoC	Theoretische Physik C 8 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Theoretische Physik IV	V	4	8	PL: Klausur	WiSe
	Theoretische Physik IV	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Gesamt:		4+2	8		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur. Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Anmeldung zur Übung und Klausur erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.					
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen die Grundlagen der Thermodynamik (Hauptsätze, Gibb'sche Fundamentalform) und können einfache Beziehungen zwischen den Zustandsgrößen ableiten. Sie kennen die Zustandsgleichungen für das freie klassische Gas. • Die Studierenden kennen die wichtigsten thermodynamischen Potenziale und wissen, unter welchen physikalischen Bedingungen sie anzuwenden sind. Die können die Potenziale ineinander umrechnen. • Die Studierenden kennen die wichtigsten Zusammenhänge beim freien Bose- und Fermi-Gas, sie kennen die van der Waals-Gleichung und das Weiss'sche Modell des Magnetismus. Sie können zu einfachen Problemen die kanonische bzw. großkanonische Zustandssumme formulieren. Die kennen die Bedeutung kritischer Exponenten. 					
Lehrinhalte	Theoretische Physik IV - Statistische Physik: Statistische Mechanik und theoretische Thermodynamik <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der theoretischen Thermodynamik. Nullter, erster, zweiter und dritter Hauptsatz der Thermodynamik, Gibb'sche Fundamentalform, statistischer Entropiebegriff, thermodynamische Potenziale, Legendre-Transformationen; thermische und kalorische Zustandsgleichung, Maxwell-Relationen, einfache Beziehungen zwischen Materialgrößen; speziell die Zustandsgrößen und Beziehungen beim freien Gas. Zyklische Prozesse (Carnot-Prozess, Stirling-Prozess), Wirkungsgrad. • klassische und quantenmechanische Beschreibung von thermodynamischen Gleichgewichtszuständen (Gesamtheiten). Zustandssummen der kanonischen und Großkanonischen Gesamtheit. Maxwell-Verteilung, barometrische Höhenformel, Virialsatz, klassische Störungsrechnung. • Freie Quantengase: Bose-Gas, Bose-Einstein-Kondensation; Fermi-Gas bei tiefen Temperaturen, Photonen (Planck'sche Strahlungsformel), Phononen, thermodynamische Freiheitsgrade. Dia-, Para- und Ferromagnetismus. • Einführung in die Theorie der Phasenübergänge, Landau-Theorie des Phasenübergangs, kritische Exponenten. 					

Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Theoretische Physik IV	V	60 h	90 h	150 h
	Theoretische Physik IV	Ü	30 h	60 h	90 h
	Gesamt		90 h	150 h	240 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik				
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I-III				
Sprache	Deutsch				

3.1.13. Physiklabor A (17 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-LabA	Physiklabor A 17 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan Physik, Leiter des Physiklabors					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Wissenschaftliches Programmieren	V	2	5	SL: Klausur	WiSe
	Wissenschaftliches Programmieren	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen - Teil 1	Lab	5	6	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	SoSe
	Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen - Teil 2	Lab	5	6	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	WiSe
	Gesamt:			17		
Organisation	<p>Die Physiklabore (Teil 1 und 2) finden grundsätzlich als Blockveranstaltungen in der vorlesungsfreien Zeit statt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Teil 1: ca. 1. September bis Vorlesungsbeginn des folgenden WiSe - Teil 2: ca. 1 Woche nach Vorlesungsende bis ca. 1 Woche vor Vorlesungsbeginn des folgenden SoSe <p>Die Anmeldung zu den Laboren erfolgt in der Regel bis etwa 3 Monate vor Beginn online gemäß Angaben auf https://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/</p>					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>In der Veranstaltung Wissenschaftliches Programmieren bestehen die Studienleistungen aus einer schriftlichen Klausur und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.</p> <p>In den Physiklaboren muss für jeden Versuch in einem Gespräch mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer des Versuchs der Nachweis erbracht werden, dass die bzw. der Studierende sich ausreichende Grundkenntnisse zur physikalischen Fragestellung des Versuchs, den physikalischen Grundlagen und dem experimentellen Aufbau angeeignet hat. Die Prüfungsleistung wird schriftlich, in Form von Protokollen zu jedem Versuch, erbracht. Dabei muss jeder Versuch bestanden werden. Versuchsvorbereitung und -durchführung werden mitbewertet. Die Bewertungen werden addiert und durch die Anzahl der im jeweiligen Laborteil vorgesehenen Versuche geteilt. Die so berechneten Mittelwerte werden auf den zulässigen Notenbereich 1,0 bis 4,0 abgebildet und ergeben nach Rundung auf eine Dezimalstelle hinter dem Komma die Endnote für die jeweilige Laborveranstaltung.</p>					
Modulnote	Das arithmetische Mittel der beiden Prüfungsleistungen zu den Physiklaboren für Anfänger Teil 1 und Teil 2 ergibt die Modulnote.					

Wiederholungsprüfung	Sind nur einzelne Versuche zu wiederholen, so kann dies in der Regel innerhalb eines Jahres erfolgen. Ist ein gesamter Laborteil zu wiederholen, so ist dies erst nach einem Jahr wieder möglich.				
Qualifikationsziele/ Kompetenzen	<p>Wissenschaftliches Programmieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden können einfache Programme in einer höheren Programmiersprache (z.B. in <i>Python</i>) erstellen. Die Studierenden können einfache analytische und numerische Rechnungen mit <i>Mathematica</i> durchführen und Datensätze/Bilder numerisch bearbeitet werden. Die Studierenden können Messreihen mit Hilfe von Software auswerten. <p>Physiklabor für Anfänger (Teil 1 und Teil 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage grundlegende wissenschaftliche Experimente unter Anleitung aufzubauen, durchzuführen, eigenständig zu protokollieren und auszuwerten. Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Datenanalyse und Fehlerabschätzung. 				
Lehrinhalte	<p>Wissenschaftliches Programmieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Einführung in eine moderne Programmiersprache (z.B. <i>Python</i>) Analytisches und numerisches Rechnen, so wie Grundlagen der elektronischen Datenanalyse und Bildverarbeitung mit <i>Mathematica</i> Einführung in ein Datenanalyseprogramm (z.B. Origin oder Root) <p>Physiklabor für Anfänger (Teil 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> Grundlagen der Datenanalyse und Fehlerabschätzung anhand labornaher experimenteller Beispiele, Einführung in die Fehlerrechnung (Einführungsveranstaltung) 13 grundlegende Versuche aus der Mechanik, Hydrodynamik, Akustik, und Wärmelehre <p>Physiklabor für Anfänger (Teil 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> 17 grundlegende Versuche zu Elektromagnetismus und Elektronik, Optik, Atom- und Kernphysik 				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Wissensch. Programm.	V	30 h	40 h	70 h
	Wissensch. Programm.	Ü	30 h	50 h	80 h
	Physiklabor Anfänger 1	Lab	80 h	100 h	180 h
	Physiklabor Anfänger 2	Lab	80 h	100 h	180 h
	Gesamt:		220 h	290 h	510 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Pflichtereich				
Vorkenntnisse	Erforderliche Kenntnisse für die Teilnahme am <i>Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2</i> sind die Inhalte des <i>Physiklabors für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1</i> .				
Sprache	Deutsch				

3.1.14. Physiklabor B (12 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-LabB	Physiklabor B						12 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Physik, Leiter des Physiklabors						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Experimentelle Methoden	V	2	5	SL: Übung und/oder Klausur	SoSe	
	Experimentelle Methoden	Ü	2			SoSe	
	Physiklabor für Fortgeschrittene	Lab	10	7	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	WiSe	
	Gesamt:			12			
Organisation	<p>Das Physiklabor für Fortgeschrittene findet grundsätzlich als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit statt (ca 1. Sept. bis Mitte Okt.).</p> <p>Die Online-Anmeldung zum Labor hat in der Regel bis etwa 10 Wochen vor Beginn zu erfolgen gemäß Angaben auf https://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/</p>						
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>In der Veranstaltung Experimentelle Methoden bestehen die Studienleistungen aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen und/oder einer schriftlichen Klausur.</p> <p>Im Physiklabor wird für jeden Versuch ein Eingangstest (schriftliche/mündliche Eingangsprüfung) verlangt. Maximal zwei Versuche dürfen aufgrund eines nichtbestanden Eingangstests wiederholt werden. Neben dem Eingangstest werden jeweils Versuchsdurchführung sowie die schriftliche Auswertung und Ausarbeitung der aufgezeichneten Versuchsdaten bewertet. Jeder Versuch muss bestanden werden. Aus der Summe der in den einzelnen Versuchen erreichten Punkte wird eine Gesamtnote gebildet.</p>						
Modulnote	Die Prüfungsleistung im Physiklabor für Fortgeschrittene ergibt die Modulnote.						
Wiederholungsprüfung	Einzelne Versuche müssen/können an den angebotenen Nachholterminen unmittelbar nach Ende des regulären Praktikums nachgeholt werden. Ist das gesamte Physiklabor zu wiederholen, so ist dies erst nach einem Jahr wieder möglich.						
Qualifikationsziele	<p>Experimentelle Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage adäquate statische Methoden zur Auswertung der Versuche einschließlich der Berechnung bzw. Abschätzung statistischer und systematischer Fehler anzuwenden. Den Studierenden werden Aufbau und Funktionsweise wichtiger Detektorkomponenten sowie analoger und digitaler Elektronikschaltungen vermittelt. 						

	<p>Physiklabor für Fortgeschrittene</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind in der Lage fortgeschrittene wissenschaftliche Experimente durchzuführen, zu protokollieren und auszuwerten. • Moderne physikalische Messtechnik kann fachgerecht bedient und für Messarbeiten verwendet werden. • Fortgeschrittene Auswertemethoden, insbesondere unter Einsatz von Auswerteprogrammen werden beherrscht. 				
Lehrinhalte	<p>Experimentelle Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> - Statistische Methoden der Datenanalyse - Datenanalyse mit ROOT - Grundlagen der Elektronik - Digitale und analoge Messtechnik - Grundlagen von Detektoren <p>Physiklabor für Fortgeschrittene</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einführungsveranstaltung mit Laser- und Strahlenschutzbelehrungen - Durchführung von 9 fortgeschrittenen physikalischen Experimenten aus den Bereichen Kern- und Teilchenphysik, Atom- und Molekülphysik, Festkörperphysik und Optik 				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Experimentelle Methoden	V	30 h	40 h	70 h
	Experimentelle Methoden	Ü	30 h	50 h	80 h
	Physiklabor für Fortgeschrittene	Lab	150 h	60 h	210 h
	Gesamt:		210 h	150 h	360 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik				
Vorkenntnisse	Erforderliche Kenntnisse für die Teilnahme am <i>Physiklabor für Fortgeschrittene</i> sind die Inhalte der Veranstaltung <i>Experimentelle Methoden</i> .				
Sprache	Deutsch				

3.1.15. Bachelormodul (12 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSC	Bachelormodul 12 ECTS					
Verantwortlich	Dozenten der Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Bachelorarbeit			10	PL: schriftlich	-
	Bachelorkolloquium	K		2	SL: Vortrag	-
	Gesamt:			12		
Organisation	<p>Der Studierende wählt einen Dozenten und ein allgemeines Arbeitsgebiet. Der Dozent muss mit der Betreuung einverstanden sein. Die Bekanntgabe des Bearbeitungsthemas erfolgt am Tag der Anmeldung. Die Dauer der Bachelorarbeit beträgt vom Tag der Bekanntgabe des Themas und der Anmeldung exakt 3 Monate.</p> <p>Der Kolloquiumvortrag sollte zeitnah zur Abgabe der Bachelorarbeit erfolgen, in jedem Fall jedoch nicht früher als 4 Wochen vor Abgabe und nicht später als 6 Wochen nach Abgabe der Arbeit. Der Vortrag ist öffentlich. Nach dem Vortrag dürfen Fragen zum Thema der Arbeit gestellt werden.</p>					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung ist die schriftliche Abschlussarbeit. Die Studienleistung besteht aus einer mündlichen Präsentation (ca. 45 Minuten, inkl. Fragen). Die Anmeldung zur Bachelorarbeit und zum Kolloquium erfolgt nach Angaben des Prüfungsamts.					
Modulnote	Die Modulnote ist die Note der Bachelorarbeit. Die Bewertung der Bachelorarbeit erfolgt durch zwei Prüfer/Prüferinnen wovon mindestens einer/eine als hauptamtliche/r Professor/in am Physikalischen Institut der Albert-Ludwigs-Universität tätig sein muss. Das Modul Bachelorarbeit darf höchstens einmal wiederholt werden.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden können unter Anleitung eine einfache Forschungsarbeit planen und durchführen. Sie können die theoretischen Grundlagen, den Stand der Forschung anhand einer Literaturrecherche, sowie die Ergebnisse ihrer eigenen Forschungsarbeit in wissenschaftlicher Form schriftlich darstellen. Die Studierenden sind in der Lage, einen wissenschaftlichen Vortrag über die Ergebnisse ihrer Forschungstätigkeit zu halten und Fragen zu dem Thema zu beantworten. 					
Lehrinhalte	Der Inhalt der Bachelorarbeit und des anschließenden Kolloquiums wird vom jeweiligen betreuenden Dozenten bestimmt.					
Arbeitsaufwand in Stunden	360 h, davon entfallen ca. 300 h auf die Erstellung der Bachelorarbeit und ca. 60 h auf die Vorbereitung und Durchführung des Kolloquiumvortrags.					
Dauer	Die Bearbeitungszeit beträgt 3 Monate (von Themenstellung bis Abgabe der Arbeit)					

Verwendbarkeit	B.Sc. Physik
Zulassungs- voraussetzungen	Aus dem Pflichtbereich des B.Sc. Physik müssen mindestens 120 ECTS erfolgreich abgeschlossen sein.
Sprache	Die Bachelorarbeit kann in deutscher oder englischer Sprache abgefasst werden.

3.2. Wahlpflichtbereich

Der Wahlpflichtbereich umfasst das Wahlpflichtmodul Physik, das Wahlpflichtmodul Mathematik oder Physik, sowie das fachfremde Wahlpflichtmodul.

3.2.1. Wahlpflichtmodul Physik (11 ECTS Punkte)

Modul 07LE33K-WPPhys	Wahlpflichtmodul Physik						11 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Seminar	S	2	4	PL: Vortrag	WiSe + SoSe	
	Spezialvorlesung Physik	V+Ü	3+2	7	PL: schriftl. oder mündl.	WiSe + SoSe	
	Gesamt:		7	11			
Organisation	<p>Seminar: Eine Vorstellung der angebotenen Seminare und die Einteilung erfolgt in einer gemeinsamen Einführungsveranstaltung jeweils zu Semesterbeginn.</p> <p>Spezialvorlesung: Studierende wählen eine weiterführende Vorlesung zu einem speziellen Thema der Physik (siehe Abschnitt 4). Veranstaltungen aus dem Bereich "Elective Subjects" des M.Sc. Studienganges können nach Absprache mit dem jeweiligen Dozenten als B.Sc. Spezialvorlesung belegt werden.</p>						
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Seminar: Die Prüfungsleistung besteht aus einem wissenschaftlichen Vortrag mit anschließender Diskussion (mündl. Präsentation, ca. 60 Minuten). Die aktive Teilnahme an allen Vorträgen des Seminars wird vorausgesetzt.</p> <p>Spezialvorlesung: Die Prüfungsleistung besteht aus einer abschließenden Klausur oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch) und gegebenenfalls aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.</p>						
Modulnote	Die Modulnote errechnet sich als der nach ECTS-Punkten gewichtete Mittelwert der beiden Prüfungsleistungen, dabei müssen beide Prüfungen mit mindestens der Note 4 bestanden sein.						
Qualifikationsziele	<p>Physikalisches Seminar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studierende sind in der Lage sich in ein Thema durch entsprechende Literaturrecherche und der Auswahl geeigneter Quellen einzuarbeiten. • Die Studierenden können einen fachlichen Vortrag ausarbeiten und in Form einer mündlichen Präsentation halten. 						

	Spezialvorlesung <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 				
Lehrinhalte	Physikalisches Seminar Im Seminar werden Vorträge aus einem zusammenhängenden Gebiet der Physik oder eines Nachbargebiets von verschiedenen Studierenden und Dozenten gehalten. Spezialvorlesung Inhalte entsprechen den Inhalten der jeweiligen Spezialvorlesung und den Vorgaben des jeweiligen Dozenten (siehe Abschnitt 3).				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Physikalisches Seminar	S	30 h	90 h	120 h
	Spezialvorlesung	V+Ü	75 h	135 h	210 h
	Gesamt:		105 h	225 h	330 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik				
Vorkenntnisse	Vorkenntnisse gemäß Vorlesungsankündigung.				
Sprache	Deutsch oder Englisch				

3.2.2. Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik (5 ECTS Punkte)

Modul 07LE33K-WPPPhysMath	Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik						5 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan Physik, Studiendekan Mathematik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Lehrveranstaltung der Physik oder Mathematik	variabel	variabel	5	SL	WiSe + SoSe	
Organisation	<p>Studierende wählen eine weiterführende Lehrveranstaltung aus dem Bereich der Physik (siehe Abschnitt 3) oder der Mathematik (Angaben entsprechend dem Modulhandbuch des B.Sc. Studiengangs Mathematik).</p> <p>Veranstaltungen aus dem Bereich "Elective Subjects" des M.Sc. Studienganges können nach Absprache mit dem jeweiligen Dozenten als B.Sc. Spezialvorlesung belegt werden.</p>						
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung wird zu Beginn der Veranstaltung vom jeweiligen Dozenten bekanntgegeben und besteht in der Regel aus einer abschließenden Klausur oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch) und/oder der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	unbenotet						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 						
Lehrinhalte	<p>Inhalte entsprechen den Inhalten der jeweiligen Lehrveranstaltung und den Vorgaben des jeweiligen Dozenten (siehe Abschnitt 4).</p> <p>Inhalte der Mathematikveranstaltungen gemäß dem Modulhandbuch des B.Sc. Studiengangs Mathematik.</p>						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe		
	Lehrveranstaltung der Physik oder Mathematik		variabel	variabel	150 h		
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik						
Vorkenntnisse	Vorkenntnisse gemäß Vorlesungsankündigung.						
Sprache	Deutsch						

3.2.3. Fachfremdes Wahlpflichtmodul (8 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-WPFF	Fachfremdes Wahlpflichtmodul						8 ECTS
Verantwortlich	Anbietende Lehrinheit						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Fachfremde Lehrveranstaltungen nach Wahl	Gemäß anbietender Lehrinheit		5	SL	WiSe + SoSe	
Organisation	Studierende wählen eine Veranstaltung einer anderen Fakultät. Dabei sind die Teilnahmebedingungen, Belegfristen und Bedingungen zum Erwerb der Studienleistungen der anbietenden Fakultät zu beachten.						
Modulnote	unbenotet						
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben fachübergreifende und interdisziplinäre Kenntnisse nach individuellen Neigungen und Bedarf.						
Lehrinhalte	Gemäß anbietender Lehrinheit						
Arbeitsaufwand in Stunden	Gemäß anbietender Lehrinheit						
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik						
Vorkenntnisse	Gemäß anbietender Lehrinheit						
Sprache	Gemäß anbietender Lehrinheit						

4. Physikveranstaltungen im Wahlpflichtbereich

Im Bereich der Wahlpflichtmodule Physik bzw. Physik oder Mathematik können verschiedene Veranstaltungen nach Interesse und Verfügbarkeit gewählt werden. Mögliche Veranstaltungen finden teilweise jährlich oder auch in unregelmäßigem Rhythmus statt. Die Auswahl der aktuell angebotenen Veranstaltungen entnehmen Sie bitte dem jeweils gültigen Vorlesungsverzeichnis.

In der Folge finden Sie eine Auswahl wiederkehrender Veranstaltungen für den B.Sc. Physik. Neben diesen regulär für den B.Sc. Studiengang angebotenen Lehrveranstaltungen können nach vorheriger Absprache mit dem jeweiligen Dozenten auch Veranstaltungen des „Elective Subjects“ Modul des M.Sc. Studiengangs Physik gewählt werden.

4.1.1. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-HL	Grundlagen der Halbleiterphysik /					5 ECTS
	Fundamentals of Semiconductors & Optoelectronics					
Dozent/en	apl Prof. Joachim Wagner (Fraunhofer IAF), Prof. Andreas Bett (Fraunhofer ISE)					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	5	SL	WiSe	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> Kristallgitter, anorganische Halbleitermaterialien (z.B. Si, Ge, GaAs) Herstellung von Halbleiter-Volumenkristallen und epitaktischen Schichten Elektronische Bandstruktur, Tight-binding vs. Ein-Elektronen-Modell n- und p-Dotierung, effektive Masse Zustandsdichte, Ladungsträgerstatistik elektronischer Transport, Felder und Ströme, p-n-Übergang Quantisierungseffekte in Halbleitern, 2D-, 1D- und 0D-Halbleiterheterostrukturen Halbleiter-Quantenfilme und -Übergitter 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik IV (Kondensierte Materie)					
Sprache	Deutsch oder Englisch					

4.1.2. Biophysik: Grundlagen und Konzepte (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 11LE50V-5380	Biophysik: Grundlagen und Konzepte					7 ECTS
Dozent/en	Prof. Alexander Rohrbach					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	WiSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten. • Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur und Aufbau der Zelle oder Das Rezept für zellbiophysikalische Forschung • Diffusion und Fluktuationen • Mess- und Manipulationstechniken • Biologisch relevante Kräfte • Biophysik der Proteine • Polymerphysik einzelner Filamente • Visko-Elastizität und Mikro-Rheologie • Die Dynamik des Zytoskeletts • Molekulare Motoren • Membran-Biophysik 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	-					
Sprache	Deutsch oder Englisch					

4.1.3. Datenanalyse für Naturwissenschaftler/innen: Statistische Methoden in Theorie und Praxis (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-STATMETH	Datenanalyse für Naturwissenschaftler/innen: Statistische Methoden in Theorie und Praxis					7 ECTS
Dozent/en	Dozenten der experimentellen Teilchenphysik					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	WiSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden beherrschen die wichtigen Methoden der Datenanalyse, können diese auf verschiedene Probleme anwenden und die Lösungen analytisch oder computerunterstützt bestimmen. • Die Studierenden können Kenngrößen von Stichproben bestimmen. • Die Studierenden können Zufallszahlen gemäß einer vorgegebenen Funktion mit Hilfe des Computers erzeugen und die Simulation von einfachen Messungen durchführen. • Die Studierenden können die geeignete Methode verwenden, um gesuchte Parameter und deren Unsicherheit aus einer Stichprobe zu bestimmen. Sie können einfache Problemstellungen analytisch und komplexere mit Hilfe von Computerunterstützung lösen. • Die Studierenden können die Verträglichkeit von Messergebnissen mit verschiedenen Hypothesen bewerten und verschiedene Testmethoden anwenden. • Die Studierenden können Vertrauensintervalle auf unterschiedliche Art für geschätzte Parameter bestimmen und verstehen deren Bedeutung. 					
Lehrinhalte	<p>In den Übungen, die großteils am Computer stattfinden, werden die erlernten Konzepte vertieft. Mit einfachen Programmierbeispielen wird die Anwendung für die Laborpraxis geübt. Das Programmpaket ROOT und die Programmiersprache C(++) werden hierzu verwendet.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deskriptive Statistik: Mittelwert, Median, Modalwert. Varianz, Standardabweichung, höhere Momente, Kovarianz, Korrelation • Grundlagen der Statistik: Wahrscheinlichkeitsdefinitionen, Frequentistische und Bayesianische Schule, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, Transformation von Zufallsvariablen, Faltung, Fehlerfortpflanzung • Ausgewählte Wahrscheinlichkeitsverteilungen, deren Bedeutung und Zusammenhang, Zentraler Grenzwertsatz und dessen Anwendung, • Die Monte-Carlo-Methode: Transformationsmethode und von Neumannsche Zurückweisungsmethode • Grundlagen der Parameterschätzung: Zielsetzung, Eigenschaften von Schätzer (Konsistenz, Effizienz, Erwartungstreue) • Methode der Maximum-Likelihood: Prinzip, Eigenschaften der Schätzer, Bestimmung der Varianz für den Schätzer • Die Methode der Kleinsten Quadrate: Prinzip, Eigenschaften, Varianz 					

	<ul style="list-style-type: none">• Hypothesentest: Grundprinzip, Signifikanz und Mächtigkeit, P-Wert, Neyman-Pearson-Lemma, Teststatistiken aus Likelihoodverhältnis, Multivariate Klassifizierungsmethoden• Vertrauensintervalle: Frequentistische und Bayesianische Interpretation und Konstruktion, Vertrauensintervalle an Grenzen von Parameterräumen und bei kleinen Stichproben
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)
Vorkenntnisse	Grundlagen der Analysis
Sprache	Deutsch

4.1.4. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-PHOTOVOLT	Photovoltaische Energiekonversion / Photovoltaic Energy Conversion					5 ECTS
Dozent/en	Dr. Uli Würfel					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	5	SL	SoSe	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden kennen die Grundlagen der Photovoltaik und beherrschen die der photovoltaischen Energiekonversion zu Grunde liegenden Konzepte der Atom-, Molekül- und Halbleiterphysik 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> Die Solarzelle als beleuchtete Halbleiterdiode Thermodynamik der idealen Solarzelle, maximale Wirkungsgrade Lichtabsorption in Halbleitern, elektronische Rekombinationen Der p-n-Übergang, Ladungsträgertransportvorgänge in Halbleitern Siliziumsolarzellen auf Waferbasis Material- und Scheibengewinnung für kristalline Si-Solarzellen Dünne kristalline Si-Solarzellen Dünnschichtsolarzellen aus amorphem Silizium, CIS und CdTe Tandemsolarzellen, monolithische Strukturen aus III/V Materialien Farbstoffsensibilisierte und organische Solarzellen Thermophotovoltaik - Photovoltaische Konversion von IR-Strahlung 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	-					
Sprache	Deutsch oder Englisch					

4.1.5. Einführung in die Moderne Digitalelektronik (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-DIGIELEC	Einführung in die Moderne Digitalelektronik					7 ECTS
Dozent/en	apl. Prof. Horst Fischer					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	7	SL oder PL	SoSe	
	Übung (Ü)	3				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
Qualifikationsziele	Die Teilnehmenden erhalten einen Überblick über die wesentlichen Anwendungsgebiete und Methoden in der heutigen Digitalelektronik. Sie lernen an Hand von Beispielen die Konzepte und Funktionsweise digitaler Schaltkreise kennen und werden in die Programmierung von logischen Bausteinen eingeführt.					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsfelder der Digitalelektronik • Grundlagen und logische Verknüpfungen • Schaltkreisfamilien • Rechenschaltungen • programmierbare Bausteine (FPGA und CPLD) • Zahlen und Speicher • Automaten • Systeme zur Datenaufzeichnung <p>In der praktischen Übung werden Logikbausteine (FPGA) selbst programmiert.</p>					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	-					
Sprache	Deutsch					

4.1.6. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-ASTROPHYS	Einführung in die Astrophysik					7 ECTS
Dozent/en	Prof. Oskar von der Lühe					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	SoSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind vertraut mit wesentlichen Zielen und Ergebnissen der modernen Astrophysik. • Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der physikalischen Eigenschaften der Sonne und des Planetensystems, des Aufbaus und der Entwicklung von Sternen, sowie die Grundlagen der Physik von Sternsystemen und des modernen kosmologischen Weltbildes. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinatensysteme • Das Sonnensystem • Teleskope und Instrumente • Photometrie • Aufbau und Entwicklung von Sternen • Die Sonne • Veränderliche Sterne • Die Milchstraße • Das Interstellare Medium • Extragalaktische Physik • Strukturen im Universum und Kosmologie 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-III					
Sprache	Deutsch					

4.1.7. Dynamische Systeme in der Biologie (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-DYNBIO	Dynamische Systeme in der Biologie					7 ECTS
Dozent/en	Prof. Jens Timmer					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen Grundlagen der physikalisch motivierten mathematischen Modellierung biologischer Systeme. • Die Studierenden können anhand ausgewählter exemplarischer Modelle die biologischen Grundlagen und ihre mathematischen und physikalischen Eigenschaften diskutieren. 					
Lehrinhalte	<p>Mathematische Biologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Populationsdynamik • Neuronenmodelle • Strukturbildung • Enzymdynamik <p>Systembiologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metabolische Netzwerke • Signaltransduktionskaskaden • Genregulation • Slides der letzten Woche: Chemotaxis, JAK-STAT Signalling, Epo Rezeptor, und Identifizierbarkeit 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Klassische Mechanik, Differentialgleichungen					
Sprache	Deutsch					

4.1.8. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-SPRT	Spezielle Relativitätstheorie					7 ECTS
Dozent/en	Prof. Stefan Dittmaier					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	5	SL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie und können diese in der klassischen Feldtheorie anwenden. Die Studierenden gewinnen erste Einblicke in die Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> Das Relativitätsprinzip (Gallilei Invarianz, Lorentz Invarianz) Struktur der Lorentztransformationen (Lorentzgruppe, Poincaregruppe) Relativistische Mechanik (Vierervektoren und Tensoren, Viererimpuls, Relativistische Stoßprozesse, Wirkungsprinzip, Minkowski-Kraft) Relativistische Feldtheorie und Elektrodynamik (Kovariante Formulierung der Lorentz-Kraft, Maxwellgleichungen, Klassische Feldtheorie, Wirkungsprinzip der Elektrodynamik) Beschleunigte Bezugssysteme und Ausblick auf die allgemeine Relativitätstheorie (Beschleunigte Bezugssysteme in der Speziellen Relativitätstheorie, Äquivalenzprinzip, Bewegung in gekrümmter Raumzeit) 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I-III					
Sprache	Deutsch					

4.1.9. Einführung in Maschinelles Lernen (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-MLEARN	Einführung in Maschinelles Lernen					7 ECTS
Dozent/en	Prof. Markus Schumacher					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen verschiedene Arten des Maschinellen Lernens und Grundlagen, Aufgaben und Methoden des überwachten Lernens • Die Studierenden kennen verschiedene Methoden des Überwachten Lernens wie lineare Methoden, baumbasierte Methoden und verschiedene Netzwerkstrukturen, wann diese angewendet werden, wie diese trainiert werden und wie die Güte des Modells bewertet wird. • Sie kennen unterschiedliche Regularisierungsmethoden und deren Anwendung und Methoden der Minimierung basierend auf dem Gradientenabstieg. • Die Studierenden sind in der Lage einfache Probleme des überwachten Lernens für Regression und Klassifizierung mit den verschiedenen Methoden (Lineare, Baumbasierte, Neuronale Netzwerke) in einfachen Pythonprogrammen zu lösen. • Die Studierenden sind in der Lage die Güte des gelernten Modells kritisch zu bewerten, Hinweise auf Übertraining zu erkennen und geeignete Regularisierungsmethoden ebenfalls in Python zu implementieren. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Übersicht über Maschinelles Lernen • Grundlagen des überwachten Lernens für Regression und Klassifizierung, Varianz-Bias-Zerlegung bzw. -kompromiss • Lineare Modelle: Lineare Regression, Logistische Regression, Lineare Diskriminantenanalyse, Ridge- und LASSO-Regularisierung • Gradientenabstieg und dessen Erweiterungen, Kreuzvalidierung • Einfache Regressions- und Entscheidungsbäume, Ensemblemethoden (Bagging, Boosting, Random Forrests) und Anwendung auf Bäume • Klassische und Tiefe Neuronale Netzwerke, Fehlerrückpropagation, Regularisierungsoptionen (Early Stopping, Dropout, Batch Normalisation, ...) • Konvolutionelle und Rekurrente Netzwerke und deren Anwendung 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Grundlagen statistischer Methoden, Analysis für Physiker					
Sprache	Deutsch					

