

universität freiburg

Modulhandbuch

Master-of-Education (M.Ed.)

Physik

Erweiterungsfach (120 ECTS-Punkte)

Physikalisches Institut

Fakultät für Mathematik und Physik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Fach	Physik, Erweiterungsfach (120 ECTS)
Abschluss	Master of Education (M.Ed.)
Prüfungsordnung	PO 2022
Art des Studiengangs	konsekutiv
Studienform	Vollzeitstudium
Studiendauer	5 Semester (Regelstudienzeit)
Unterrichtssprache	deutsch
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	Der Studiengang Master-of-Education (M.Ed.) Physik Erweiterungsfach (120 ECTS) richtet sich an Studierende, die einen lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang für einen Lehramtstyp abgeschlossen haben, zu dessen Fächern nicht das Fach Physik gehört, die aber das Fach Physik als weiteres Hauptfach für das Lehramt an Gymnasien (Sek. 2) anstreben. Einzelne Leistungen des M.Ed. Physik Erweiterungsfach können bereits vor Abschluss des Bachelorstudiengangs erworben werden.
Ausbildungsziele/ Qualifikationsziele des Studiengangs	Gemäß Rahmenvorgabeverordnung für Lehramtsstudiengänge in BW vom März 2015 beherrschen die Absolventinnen und Absolventen naturwissenschaftliche Denkweisen, verfügen über grundlegende, anschlussfähige fachwissenschaftliche Kenntnisse über das gesamte Spektrum der Physik und der wichtigsten physikalischen Konzepte. Sie können unter Beachtung wissenschaftlicher Erkenntnisse Vermittlungs-, Lern- und Bildungsprozesse im Fach Physik planen und durchführen. Sie verfügen über analytisch-kritische Reflexionsfähigkeit sowie fachwissenschaftliche und fachdidaktische Kompetenzen. Die Absolventinnen und Absolventen ■ sind vertraut mit Arbeits- und Erkenntnismethoden der Physik sowie mit der Handhabung von wissenschaftlichen Geräten. ■ verfügen über Kompetenzen zur fachbezogenen Reflexion und Kommunikation. ■ können mithilfe gefestigter Grundlagenkenntnisse physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erfassen, sachlich und ethisch bewerten sowie die Bedeutung physikalischer Themen für Individuum und Gesellschaft begründen. ■ können neuere physikalische Forschung in Übersichtsdarstellungen, auch in englischer Sprache, verstehen und sie für den Unterricht erschließen. ■ kennen fachdidaktische Theorien, Modelle und Erkenntnismethoden und können diese analysieren und beurteilen, ■ verfügen über grundlegende Kenntnisse physikbezogener Lehr-Lernforschung.

Zulassungsvoraussetzungen	■ Abschluss eines lehramtsbezogenen Bachelorstudiengangs für einen Lehramtstyp der Rahmenvereinbarungen der Kultusministerkonferenz oder in einem gleichwertigen mindestens dreijährigen Studiengang an einer deutschen oder ausländischen Hochschule, zu dessen Fächern nicht das Fach Physik gehört ■ Kenntnisse der deutschen Sprache auf dem Niveau C1
---------------------------	---

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:in).

Verzeichnis der Abkürzungen

M.Ed.	Master of Education
HISinOne	das Campus Management-Portal an der Universität Freiburg (enthält Vorlesungsverzeichnisse und Studienplaner, sowie Leistungsübersichten und Prüfungsanmeldemöglichkeit)
PL	Prüfungsleistung (benotete Prüfungen; gehen in die Endnote ein)
SL	Studienleistung (unbenotete Prüfungen; gehen nicht in die Endnote ein)
V	Vorlesung
Ü	Übungen
S	Seminar
Lab	Laborpraktika
SoSe	Sommersemester
WiSe	Wintersemester
ECTS	Credit-Punkte nach 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. Master-of-Education, Erweiterungsfach Physik (120 ECTS)	3
1.1. Der Studiengang	3
1.2. Bewerbung und Zulassung	4
1.3. Aufbau des Studiums im wissenschaftlichen Fach Physik	4
1.3.1. Fachwissenschaft Physik (90 ECTS Punkte)	4
1.3.2. Fachdidaktik Physik (15 ECTS Punkte)	5
1.3.3. Masterarbeit (15 ECTS-Punkte)	6
1.4. Prüfungs- und Studienleistungen	6
1.5. Arbeitsaufwand / ECTS-Punkte System	6
1.6. Bildung der Gesamtnote	7
2. Studienorganisation	8
2.1. Zeitlicher Studienverlauf / Studienplan	8
2.2. Belegung von Lehrveranstaltungen	8
2.3. Anmeldung zu Studien- und Prüfungsleistungen	9
2.4. Wiederholung von Prüfungen	9
3. Beschreibung der Module	10
3.1. Fachwissenschaft (90 ECTS Punkte)	10
3.1.1. Mathematik (10 ECTS Punkte)	10
3.1.2. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte)	12
3.1.3. Experimentalphysik B (7 ECTS Punkte)	14
3.1.4. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte)	16
3.1.5. Experimentalphysik D (7 ECTS Punkte)	17
3.1.6. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte)	18
3.1.7. Theoretische Physik B (7 ECTS Punkte)	21
3.1.8. Wahlpflichtmodul Physik (5 ECTS Punkte)	24
3.1.9. Physiklabor (8 ECTS Punkte)	25
3.1.10. Physiklabor für Fortgeschrittene (5 ECTS Punkte)	27
3.2. Fachdidaktik (15 ECTS Punkte)	29
3.2.1. Fachdidaktik Physik A (5 ECTS Punkte)	29
3.2.2. Fachdidaktik Physik B (6 ECTS Punkte)	32
3.2.3. Labor für Demonstrationsversuche Physik (4 ECTS Punkte)	34

4. Physikveranstaltungen im Wahlpflichtmodul Physik	36
4.1. Ausgewählte Kapitel der modernen Physik (5 ECTS Punkte).....	37
4.2. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte)	38
4.3. Biophysik: Grundlagen und Konzepte (7 ECTS Punkte).....	39
4.4. Datenanalyse für Naturwissenschaftler/innen: Statistische Methoden in Theorie und Praxis (7 ECTS Punkte).....	41
4.5. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte).....	43
4.6. Einführung in die Moderne Digitalelektronik (7 ECTS Punkte).....	44
4.7. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte)	45
4.8. Dynamische Systeme in der Biologie (7 ECTS Punkte)	46
4.9. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte).....	47
4.10. Einführung in Maschinelles Lernen (7 ECTS Punkte)	48

1. Master-of-Education, Erweiterungsfach Physik (120 ECTS)

1.1. Der Studiengang

Der Studiengang Master of Education (M.Ed.) vertieft neben den beiden wissenschaftlichen Fächern die lehramtsspezifischen Anteile der universitären Ausbildung.

Im Rahmen eines ergänzenden Masterstudiums (Erweiterungsfach) kann freiwillig ein drittes Fach im Umfang von 90 oder 120 ECTS-Punkten studiert werden. Erstgenannte Option befähigt zum Unterrichten in Sekundarstufe I, letztere auch in Sekundarstufe II.

1. wissenschaftliches Fach	2. wissenschaftliches Fach	Lehramtsspezifische Anteile	Erweiterungsfach
Fachwissenschaft 17 ECTS-Pkt.	Fachwissenschaft 17 ECTS-Pkt.	Bildungswissenschaften 35 ECTS-Pkt.	Ergänzendes Masterstudium im Umfang von 90 oder 120 ECTS-Pkt.
Fachdidaktik 10 ECTS-Pkt.	Fachdidaktik 10 ECTS-Pkt.	Schulpraxissemester 16 ECTS-Pkt.	
Masterarbeit (in einem der beiden Fächer oder in Bildungswissenschaften) 15 ECTS-Pkt.			

(Quelle: Freiburg Advanced Center of Education (FACE),
<https://www.face-freiburg.de/studium-lehre/vor-studium/angebot-uni/master/>)

Der Studiengang Master-of-Education (M.Ed.) im Erweiterungsfach (120 ECTS) ermöglicht zusätzlich zum Studium des M.Ed. mit zwei Hauptfächern das Studium eines dritten Hauptfachs für das gymnasiale Lehramt (Sek. 2). Eine zweite Masterarbeit in diesem Erweiterungsfach kann abschließend verfasst werden. In diesem Fall erhält der/die Absolvent:in eine Masterurkunde über das dritte Fach. Wird keine zweite Masterarbeit angefertigt erhält der/die Absolvent:in eine Bescheinigung über die fachliche Befähigung zum Unterricht in diesem Fach (Sek.2).

1. Option: Umfang 120 ECTS	2. Option: Umfang 90 ECTS
Fachwissenschaft 90 ECTS-Pkt.	Fachwissenschaft 60 ECTS-Pkt.
Fachdidaktik 15 ECTS-Pkt.	
Zusätzliche Masterarbeit (in der Fachwissenschaft) 15 ECTS-Pkt.	

(Quelle: Freiburg Advanced Center of Education (FACE),
<https://www.face-freiburg.de/studium-lehre/vor-studium/angebot-uni/master-erweiterungsfach/>)

1.2. Bewerbung und Zulassung

Der Beginn des Studiums ist im Erweiterungsfach Physik nur zum Wintersemester möglich. Ende der Bewerbungsfrist ist der 15. Juli. Die Bewerbung erfolgt zentral über die Universität. Zuständig für das Bewerbungsverfahren ist das Service Center Studium (<http://www.studium.uni-freiburg.de>).

1.3. Aufbau des Studiums im wissenschaftlichen Fach Physik

Im Erweiterungsfach Physik (Sek. 2) sind insgesamt 120 ECTS-Punkte zu erwerben. Dabei entfallen 90 ECTS-Punkte auf die Fachwissenschaft und 15 ECTS-Punkte auf die Fachdidaktik. Eine zusätzliche Masterarbeit erbringt weitere 15 ECTS-Punkte.

1.3.1. Fachwissenschaft Physik (90 ECTS Punkte)

Die Module der Fachwissenschaft Physik gliedern sich in folgende Pflicht- und Wahlpflichtmodule gemäß den Angaben in der Prüfungsordnung:

Modul Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS- Punkte	Semester	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Mathematik (10 ECTS-Punkte)					
Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften	V + Ü	4 + 2	5	1	SL: Übung SL: Klausur
Mathematik II für Studierende der Ingenieurwissenschaften	V + Ü	4 + 2	5	2	SL: Übung SL: Klausur
Experimentalphysik A (16 ECTS-Punkte)					
Experimentalphysik I	V + Ü	4 + 2	8	1	SL: Übung SL: Klausur SL: Übung SL: Klausur PL: mündliche Prüfung
Experimentalphysik II	V + Ü	4 + 2	8	2	
Theoretische Physik A (18 ECTS-Punkte)					
Theoretische Physik I	V + Ü	4 + 2	9	2	SL: Übung SL: Klausur SL: Übung SL: Klausur PL: mündliche Prüfung
Theoretische Physik II	V + Ü	4 + 2	9	3	
Experimentalphysik B (7 ECTS-Punkte)					
Experimentalphysik III	V + Ü	4 + 2	7	3	SL: Übung PL: Klausur
Physiklabor (8 ECTS-Punkte)					
Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1	V + Ü + S	4	4	3	PL: Praktikum
Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2	V + Ü + S	4	4	4	PL: Praktikum
Physiklabor für Fortgeschrittene (5 ECTS-Punkte)					
Physiklabor für fortgeschrittene Lehramtsstudierende	V + Ü + S	4	5	4	PL: Praktikum

Theoretische Physik B (7 ECTS-Punkte)					
Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	V + Ü	4 + 2	7	4	SL: Übung PL: Klausur
Wahlpflichtmodul Physik (5 ECTS-Punkte)					
Vorlesung Physik nach Wahl	V + Ü	2 + 2	5	4	PL: Klausur
Experimentalphysik C (7 ECTS-Punkte)					
Experimentalphysik IV	V + Ü	4 + 2	7	4	SL: Übung SL: Klausur oder SL: Übung PL: Klausur
Experimentalphysik D (7 ECTS-Punkte)					
Experimentalphysik V	V + Ü	4 + 2	7	5	SL: Übung SL: Klausur oder SL: Übung PL: Klausur

Abkürzungen in den Tabellen:

Art = Art der Lehrveranstaltung; SWS = vorgesehene Semesterwochenstundenzahl; Semester = empfohlenes Fachsemester; S = Seminar; Ü = Übung; V = Vorlesung; PL = Prüfungsleistung; SL = Studienleistung

Zulassungsvoraussetzung für die mündliche Prüfung im Modul Theoretische Physik A ist das Bestehen der beiden in den Lehrveranstaltungen Theoretische Physik I und Theoretische Physik II als Studienleistungen geforderten Klausuren. Im Wahlpflichtmodul Physik ist eine Lehrveranstaltung aus dem vorgesehenen Lehrangebot des Physikalischen Instituts zu wählen. Der/Die Studierende wählt, ob er/sie im Modul Experimentalphysik C oder im Modul Experimentalphysik D die Prüfungsleistung erbringt; in dem jeweils anderen Modul sind ausschließlich Studienleistungen zu erbringen.

1.3.2. Fachdidaktik Physik (15 ECTS Punkte)

Im Bereich der Fachdidaktik sind die nachfolgend aufgeführten Module zu absolvieren:

Modul Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS- Punkte	Semester	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Fachdidaktik Physik A (5 ECTS-Punkte)					
Fachdidaktik der Physik I	V	2	2	1	SL
Fachdidaktik der Physik II	V	2	3	2	SL
Fachdidaktik Physik B (6 ECTS-Punkte)					
Kontextorientierung und Physik im Alltag	V	2	3	3	SL PL: Klausur
Fachdidaktik der Physik der Kurs- stufe	V + S	2	3	4	
Labor für Demonstrationsversuche Physik (4 ECTS-Punkte)					
Labor für Demonstrationsversuche	Ü	2	4	5	SL PL: mündliche Präsentation

Voraussetzung für die Belegung des Moduls Labor für Demonstrationsversuche Physik ist die erfolgreiche Absolvierung der Module Experimentalphysik A, Theoretische Physik A, Experimentalphysik B und Physikkabor sowie der Übung im Modul Experimentalphysik C.

Voraussetzung für die Belegung des Moduls Fachdidaktik Physik B ist die erfolgreiche Absolvierung des Moduls Fachdidaktik Physik A.

1.3.3. Masterarbeit (15 ECTS-Punkte)

Eine zweite Masterarbeit in diesem Erweiterungsfach kann abschließend verfasst werden. In diesem Fall erhält der/die Absolvent:in eine Masterurkunde über das dritte Fach. Wird keine zweite Masterarbeit angefertigt erhält der/die Absolvent:in eine Bescheinigung über die fachliche Befähigung zum Unterricht in diesem Fach (Sek. 2).

Die Masterarbeit hat eine Bearbeitungszeit von 4 Monaten und kann sowohl im Bereich der Fachwissenschaft als auch im Bereich der Fachdidaktik angefertigt werden. Voraussetzung für die Zulassung zur Masterarbeit ist, dass im Studiengang M.Ed. für das Lehramt Gymnasium - Erweiterungsfach insgesamt mindestens 60 ECTS-Punkte erworben wurden.

Wird die Masterarbeit im Bereich der Fachwissenschaft Physik angefertigt, so wird dabei eigenständig unter Anleitung ein Forschungsthema bearbeitet und dazu eine wissenschaftliche Arbeit angefertigt. In der Regel wählt die/der Studierende dazu eine/n Betreuer:in und ein allgemeines Arbeitsgebiet. Das eigentliche Bearbeitungsthema wird dann mit der Anmeldung der Masterarbeit von dem/der Betreuer:in bekanntgegeben. Die Bearbeitungszeit der Masterarbeit beträgt vom Tag der Bekanntgabe des Themas und der Anmeldung 4 Monate.

1.4. Prüfungs- und Studienleistungen

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

Prüfungsleistungen (PL) sind schriftliche oder mündliche Modulprüfungen, in denen alle Komponenten eines Moduls abgeprüft werden. Prüfungsleistungen sind grundsätzlich benotet und gehen entsprechend der in 1.6 dargestellten Gewichtung in die Gesamtnote ein.

Studienleistungen (SL) sind individuelle Leistungen, die von den Studierenden im Zusammenhang mit Lehrveranstaltungen erbracht werden. In der Regel bestehen diese aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an schriftlichen Übungen oder an Klausuren. Studienleistungen sind nicht benotet und gehen somit nicht in die Endnote ein.

Die **erfolgreiche Teilnahme** an den Übungen erfordert das Erreichen von mindestens 50-60% der insgesamt für die Bearbeitung der Übungsblätter vergebenen Punkte und 1-2-maliges Vorrechnen im wöchentlichen Tutorat. Die **regelmäßige Teilnahme** an den Übungen ist in der Prüfungsordnung definiert und gilt als erfolgt, wenn nicht mehr als 15% der Übungsstunden versäumt wurden.

1.5. Arbeitsaufwand / ECTS-Punkte System

Das *European Credit Transfer System (ECTS)* stellt europaweit mehr Kompatibilität und Mobilität zwischen den Studiengängen der Hochschulen in den verschiedenen Ländern her. 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.

1.6. Bildung der Gesamtnote

Die Gesamtnote errechnet sich als das gewichtete arithmetische Mittel der Abschlussnote des wissenschaftlichen Fachs und der Note der Masterarbeit, wobei die Abschlussnoten des wissenschaftlichen Fachs 6-fach und die Note der Masterarbeit 1-fach gewichtet werden.

Die Abschlussnote im Fach Physik errechnet sich aus den Modulnoten nach folgender Gewichtung:

Modul	Anteil der Modulnote an der Abschlussnote
Experimentalphysik A	20 Prozent
Theoretische Physik A	20 Prozent
Experimentalphysik B	8 Prozent
Physiklabor	10 Prozent
Physiklabor für Fortgeschrittene	6 Prozent
Theoretische Physik B	10 Prozent
Wahlpflichtmodul Physik	6 Prozent
Experimentalphysik C oder Experimentallphysik D *	8 Prozent
Fachdidaktik Physik	7 Prozent
Labor für Demonstrationsversuche Physik	5 Prozent

* Die Studierenden können wählen ob sie im Modul Experimentalphysik C (Experimentalphysik IV – Atom, Molekül- und Festkörperphysik) oder im Modul Experimentalphysik D (Experimentalphysik V – Kern- und Elementarteilchenphysik) eine Prüfungsleistung erbringen.

2. Studienorganisation

Im Verlauf des Studiums sind eine Vielzahl von Veranstaltungen zu besuchen sowie Studienleistungen und Prüfungsleistungen zu absolvieren. Dabei gilt es verschiedene die Organisation des Studiums betreffende Modalitäten zu beachten.

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 gemäß dem folgenden Plan empfohlen:

FS	Mathematik	Experimental-physik	Theoretische Physik	Physik-labor	Mündl. Prüfungen	Wahlpflicht Modul	Fachdidaktik	ECTS
1	Mathematik für Ingenieure I 5 ECTS	Experimental-physik I 8 ECTS					Fachdidaktik I 2 ECTS	15
2	Mathematik für Ingenieure II 5 ECTS	Experimental-physik II 8 ECTS	Theoretische Physik I 9 ECTS		Experimental-physik A		Fachdidaktik II 3 ECTS	25
3		Experimental-physik III 7 ECTS	Theoretische Physik II 9 ECTS	Kleines Physiklabor Anfänger I 4 ECTS	Theoretische Physik A		Kontext-orientierung & Physik im Alltag 3 ECTS	23
4		Experimental-physik IV 7 ECTS	Kompakte Fortgeschr. Theoretische Physik 7 ECTS	Kleines Physiklabor Anfänger II 4 ECTS		Vorlesung Physik 5 ECTS	Fachdidaktik der Physik der Kursstufe 3 ECTS	26
5		Experimental-physik V 7 ECTS		Physiklabor Fortgeschr. Lehramts-studierende 5 ECTS	Masterarbeit 15 ECTS*		Labor Demonstrations-versuche 4 ECTS	16 + 15*

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. (siehe <https://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labor/>).

Das Labor für Demonstrationsversuche findet zukünftig als Blockveranstaltung statt, so dass keine Kollisionen mit dem vorgeschriebenen Schulpraktikum auftreten sollten (siehe <http://www.demolab.physik.uni-freiburg.de>).

2.2. Belegung von Lehrveranstaltungen

Für die Teilnahme an Vorlesungen wird eine Online-Belegung empfohlen. Belegungen sind über das elektronische Campus-Management System HISinOne <https://campus.uni-freiburg.de/> 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 <https://campus.uni-freiburg.de/> 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 aktuellen Termine und Modalitäten werden auf der Homepage des Prüfungsamts Physik www.physik.uni-freiburg.de/studium/pruefungen bekannt gegeben.

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 im Erweiterungsfach Physik können einmal wiederholt werden. Die Wiederholungsprüfung muss zum nächstmöglichen Prüfungstermin stattfinden. Darüber hinaus können höchstens drei nicht bestandene studienbegleitende Prüfungsleistungen ein zweites Mal wiederholt werden. Ausgenommen davon ist die Masterarbeit, die nur einmal wiederholt werden darf.

Die Wiederholung bereits bestandener Prüfungsleistungen zum Zwecke der Notenverbesserung ist nicht gestattet.

3. Beschreibung der Module

3.1. Fachwissenschaft (90 ECTS Punkte)

3.1.1. Mathematik (10 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-Mathe	Mathematik 10 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Mathematik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften	V	4	5	SL: Klausur	WiSe
	Mathematik I	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Mathematik II für Studierende der Ingenieurwissenschaften	V	4	5	SL: Klausur	SoSe
	Mathematik II	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Gesamt:		8+4	10		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	In beiden Veranstaltungen bestehen die Studienleistungen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Modulnote	-					
Qualifikationsziele	Mathematik I - Die Studierenden sind in der Lage, mit den Strukturen einer Gruppe, eines Körpers und eines Vektorraums zu arbeiten und innerhalb dieser Strukturen einfache Beweise zu führen. Sie können charakteristische Polynome von Matrizen berechnen und in einfachen Fällen die Eigenwerte dieser Matrizen bestimmen. - Die Studierenden können entscheiden, ob Grenzwerte von Folgen existieren, ob Funktionen stetig sind, sie können Funktionen ableiten und integrieren. Sie können mithilfe der Differentialrechnung Extremwertaufgaben lösen. - Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. Mathematik II - Die Studierenden kennen die grundlegenden Zusammenhänge zur Theorie des euklidischen Vektorraums. Sie können ein Basissystem orthonormalisieren.					

	- Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Differential- und Integralrechnung von Funktionen in mehreren Variablen und können diese auf einfache Problemstellungen anwenden. - Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.				
Lehrinhalte	Mathematik I - 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. - Grenzwerte von Folgen und Reihen, Stetigkeit von Funktionen, Ableitung in Integrale von Funktionen, Extremwertbestimmung. Mathematik II - 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. - Ableitung und Integration in mehreren Variablen.				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Mathematik I	V	60 h	40 h	100 h
	Mathematik I	Ü	30 h	20 h	50 h
	Mathematik II	V	60 h	40 h	100 h
	Mathematik II	Ü	30 h	20 h	50 h
	Gesamt:		180 h	120 h	300 h
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-HF Bachelor Physik, M.Ed. Erweiterungsfach (90 ECTS), M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)				
Vorkenntnisse	Empfohlen werden die Inhalte des Vorkurs Mathematik.				
Sprache	Deutsch				

3.1.2. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-ExpA	Experimentalphysik A 16 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Experimentalphysik I	V	4	8	SL: Klausur	WiSe
	Experimentalphysik I	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Experimentalphysik II	V	4	8	SL: Klausur	SoSe
	Experimentalphysik II	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Modulabschlussprüfung	P	-		PL: mündliche Prüfung	WiSe/ SoSe
	Gesamt:		8+4	16		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Studienleistungen bestehen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Studienleistungen sind nicht Voraussetzung für die Zulassung zur mündlichen Modulabschlussprüfung. 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. Die Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch). Die Modulabschlussprüfung <i>Experimentalphysik A</i> gilt als Orientierungsprüfung und muss spätestens bis zum Ende des 3. Fachsemesters bestanden werden.					
Modulnote	Die Note der mündlichen Modulabschlussprüfung bildet die Modulnote.					
Qualifikationsziele	Experimentalphysik I - 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. Experimentalphysik II - 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	Experimentalphysik I - Mechanik, Gase und Flüssigkeiten, Wärmelehre - 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 Experimentalphysik II - Elektromagnetismus und Optik - 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, Polarisation, 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	90 h	150 h
	Experimentalphysik I	Ü	30 h	60 h	90 h
	Experimentalphysik II	V	60 h	90 h	150 h
	Experimentalphysik II	Ü	30 h	60 h	90 h
	Gesamt:		180 h	300 h	480 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-HF Bachelor Physik, M.Ed. Erweiterungsfach (90 ECTS), M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)				
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I: Inhalte des Vorkurs Mathematik (Skript online) Experimentalphysik II: Experimentalphysik I und Mathematikvorlesungen				
Sprache	Deutsch				

3.1.3. Experimentalphysik B (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-ExpB	Experimentalphysik B 7 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in 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 (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.					
Qualifikationsziele	- 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. - Sie können eigene Lösungen vorrechnen und Lösungswege diskutieren.					
Lehrinhalte	Experimentalphysik III - Spezielle Relativitätstheorie, Optik, Quantenphysik und Atomphysik - 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 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-HF Bachelor Physik, M.Ed. Erweiterungsfach (90 ECTS), M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)					

Vorkenntnisse	Experimentalphysik I und II
Sprache	Deutsch

3.1.4. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-ExC	Experimentalphysik C						7 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Experimentalphysik IV	V	4	7	SL: Klausur oder PL: Klausur	SoSe	
	Experimentalphysik IV	Ü	2		SL: Übung	SoSe	
	Gesamt:		4+2	7			
Zu erbringende PL und SL	Die PL besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten). Die SL besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	- 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 - 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	M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)						
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-III						
Sprache	Deutsch						

3.1.5. Experimentalphysik D (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33Mo- ExD	Experimentalphysik D						7 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Experimentalphysik V	V	4	7	SL: Klausur oder 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 (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	- 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 - 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	M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)						
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-IV						
Sprache	Deutsch						

3.1.6. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128-EF120-2022-TheoA	Theoretische Physik A 18 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Theoretische Physik I	V	4	9	SL: Klausur	SoSe
	Theoretische Physik I	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Theoretische Physik II	V	4	9	SL: Klausur	WiSe
	Theoretische Physik II	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Modulabschlussprüfung	P			PL: mündliche Prüfung	WiSe/ SoSe
	Gesamt:		8+4	18		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Studienleistungen bestehen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch). Das Bestehen der beiden in den Lehrveranstaltungen <i>Theoretischer Physik I und II</i> als Studienleistungen geforderten Klausuren sind Voraussetzung*) für die Zulassung zur mündlichen Modulabschlussprüfung. *) Begründung: Die Zulassungsvoraussetzungen zur Modulabschlussprüfung sind didaktisch begründet: Erst in ihrem Zusammenhang und durch die Wiederholung in einem zeitlichen Abstand lassen sich die Inhalte der beiden Veranstaltungen Theoretische Physik I und II tiefergehend verstehen. Die Zulassungsvoraussetzungen bewirken zudem eine Senkung der Durchfallquote.					
Modulnote	Die Note der mündlichen Modulabschlussprüfung bildet die Modulnote.					
Qualifikationsziele	Theoretische Physik I - 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 die					

	sen für den symmetrischen Fall lösen und können die verschiedenen Bewegungsformen (Präzession und Nutation) beschreiben und im Zusammenhang mit dem System Erde beschreiben. - Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. Theoretische Physik II - 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.
Lehrinhalte	Theoretische Physik I - Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie - 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) Theoretische Physik II - Elektrodynamik - 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	110 h	170 h
	Theoretische Physik I	Ü	30 h	70 h	100 h
	Theoretische Physik II	V	60 h	110 h	170 h
	Theoretische Physik II	Ü	30 h	70 h	100 h
	Gesamt		180 h	360 h	540 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-HF Bachelor Physik, M.Ed. Erweiterungsfach (90 ECTS), M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)				
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				

3.1.7. Theoretische Physik B (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-TheoB	Theoretische Physik B 7 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Form	SWS	EC TS	Prüfung	Semester
	Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	V	4	7	PL: Klausur	SoSe
	Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Gesamt:		4+2	7		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.					
Qualifikationsziele	Quantenmechanik - 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. Sie kennen die Bedeutung der Quantenzahlen. - 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 am Beispiel von Zwei-Zustands-Systemen den Formalismus der Dichtematrix, die Bedeutung verschränkter Zustände, EPR-Zustände, die Bedeutung Bell'scher Ungleichungen, sowie die Anwendung solcher Systeme in der Quanteninformation und Quantenkryptografie. - Die Studierenden kennen verschiedene Interpretationen der Quantenmechanik und deren Bedeutung. Statistische Physik - 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. Sie kennen Kreisprozesse, darunter besonders den Carnot-Prozess und maximalen den Wirkungsgrad dieses Prozesses. - Die Studierenden kennen die wichtigsten thermodynamischen Potenziale und wissen, unter welchen physikalischen Bedingungen sie anzuwenden sind. Sie kennen					

	verschiedene Definitionen der Entropie und die Beziehungen zwischen ihnen. Sie können den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik in Bezug auf diese Definitionen veranschaulichen. Die Studierenden kennen die wichtigsten Zusammenhänge beim freien Bose- und Fermi-Gas, sie kennen die van der Waals-Gleichung und können den Übergang gasförmig-flüssig am van der Waals-System erläutern. Sie können zu einfachen Problemen die kanonische bzw. großkanonische Zustandssumme formulieren.				
Lehrinhalte	Quantenmechanik: - 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. - Mehrteilchensysteme; Tensorprodukt, symmetrisierte bzw. antisymmetrisierte Zustände bei identischen Bosonen bzw. Fermionen. Begriff der Verschränkung. - Zweizustandssysteme: Dichtematrix, EPR-Zustände, Bell'sche Ungleichungen, Grundlagen der Quanteninformation und Quantenkryptographie - Verschiedene Interpretationen der Quantenmechanik (Kopenhagener Deutung, Viele-Welten, Bohm'sche Mechanik, subjektive Interpretationen wie Q-Bism). Statistische Mechanik und theoretische Thermodynamik: - Grundlagen der theoretischen Thermodynamik. Nullter, erster, zweiter und dritter Hauptsatz der Thermodynamik, Gibb'sche Fundamentalform, statistischer, thermodynamischer und informationstheoretischer Entropiebegriff, thermodynamische Potenziale, Legendre-Transformationen; thermische und kalorische Zustandsgleichung, Maxwell-Relationen, einfache Beziehungen zwischen Materialgrößen; speziell die Zustandsgrößen und Beziehungen beim freien Gas. Kreisprozesse (Carnot-Prozess, Stirling-Prozess), Wirkungsgrad. - klassische und quantenmechanische Beschreibung von thermodynamischen Gleichgewichtszuständen (Gesamtheiten). Zustandssummen der mikrokanonischen, kanonischen und großkanonischen Gesamtheit. Maxwell-Verteilung, barometrische Höhenformel. Bedeutung der spezifischen Wärme. - Freie Quantengase: Bose-Gas, Bose-Einstein-Kondensation; Fermi-Gas bei tiefen Temperaturen, thermodynamische Freiheitsgrade. - Van der Waals-Gas und der Phasenübergang gasförmig-flüssig.				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	V	60 h	80 h	140 h
	Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	Ü	30 h	40 h	70 h
	Gesamt		90 h	120 h	210 h

Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-HF Bachelor Physik, M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I und II
Sprache	Deutsch

3.1.8. Wahlpflichtmodul Physik (5 ECTS Punkte)

Modul	Wahlpflichtmodul Physik						5 ECTS
07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-WP							
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Spezialvorlesung	V+Ü	4-5	5	PL: Klausur oder mündl. Prüfung	WiSe + SoSe	
	Gesamt:			5			
Organisation	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 im M.Ed. als Spezialvorlesung belegt werden.						
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und gegebenenfalls aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	- 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	Inhalte entsprechen den Inhalten der jeweiligen Spezialvorlesung und den Vorgaben des jeweiligen Dozenten.						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Präsenz		Selbststudium		Summe	
	Spezialvorlesung	60 h		90 h		150 h	
	Gesamt:	60 h		90 h		150 h	
Verwendbarkeit	M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)						
Vorkenntnisse	Gemäß Vorlesungsankündigung						
Sprache	Deutsch oder Englisch						

3.1.9. Physiklabor (8 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-KAP	Physiklabor 8 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik, Leitung des Physiklabors					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1	Lab	4	4	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	SoSe
	Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2	Lab	4	4	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	WiSe
	Gesamt:			8		
Organisation	Die Physiklabore 1, 2 finden als Blockveranstaltungen in der vorlesungsfreien Zeit statt: - Teil 1: nach SoSe, Anfang Sept. bis Ende Okt. - Teil 2: nach WiSe, Ende Feb. bis Anfang April 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/					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Im Teilmodul Kleines Physiklabor Teil 1 sind folgende Teilleistungen zu erbringen: - Vorlesung zur Fehlerrechnung (Teilleistung, unbenotet) - Einführungsversuch (Teilleistung, unbenotet) - 8 Versuche (Teilleistungen, benotet) Zu jedem Versuch findet jeweils ein Eingangstestat mit dem/der Betreuer:in statt, in dem der Nachweis erbracht wird, dass die Teilnehmer sich ausreichende Grundkenntnisse zur physikalischen Fragestellung des Versuchs, den physikalischen Grundlagen und dem experimentellen Aufbau angeeignet haben. Des Weiteren wird zu jedem Versuch ein schriftliches Protokoll angefertigt. Das arithmetische Mittel der Bewertungen der benoteten Versuchsprotokolle ergibt die Note der Prüfungsleistung des Teilmoduls. Im Teilmodul Kleines Physiklabor Teil 2 sind folgende Teilleistungen zu erbringen: - 10 Versuche (Teilleistungen, benotet) Zu jedem Versuch findet jeweils ein Eingangstestat mit dem/der Betreuer:in statt, in dem der Nachweis erbracht wird, dass die Teilnehmer sich ausreichende Grundkenntnisse zur physikalischen Fragestellung des Versuchs, den physikalischen Grundlagen und dem experimentellen Aufbau angeeignet haben. Des Weiteren wird zu jedem Versuch ein schriftliches Protokoll angefertigt. Das arithmetische Mittel der Bewertungen der benoteten Versuchsprotokolle ergibt die Note der Prüfungsleistung des Teilmoduls.					
Modulnote	Das arithmetische Mittel der beiden Prüfungsleistungen zu den Kleinen 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	Kleines Physiklabor für Anfänger (Teil 1 und Teil 2) - 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	Kleines Physiklabor für Anfänger (Teil 1) - Grundlagen der Datenanalyse und Fehlerabschätzung anhand labornaher experimenteller Beispiele, Einführung in die Fehlerrechnung (Einführungsveranstaltung) 1 Einführungsversuch + 8 grundlegende Versuche aus der Mechanik, Hydrodynamik, Akustik, und Wärmelehre Kleines Physiklabor für Anfänger (Teil 2) 10 grundlegende Versuche zu Elektromagnetismus und Elektronik, Optik, Atom- und Kernphysik				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Kleines Physiklabor für Anfänger:innen Teil 1	Lab	60 h	60 h	120 h
	Kleines Physiklabor für Anfänger:innen Teil 2	Lab	60 h	60 h	120 h
	Gesamt:		120 h	120 h	240 h
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-HF Bachelor Physik, M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)				
Vorkenntnisse	Erforderliche Kenntnisse für die Teilnahme am <i>Kleinen Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2</i> sind die Inhalte des <i>Kleinen Physiklabors für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1</i> .				
Sprache	Deutsch				

3.1.10. Physiklabor für Fortgeschrittene (5 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-FPLA	Physiklabor für Fortgeschrittene 5 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik, Leitung des Physiklabors					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Physiklabor für Fortgeschrittene Lehramtsstudierende	Lab	4	5	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	WiSe + SoSe
	Gesamt:			5		
Organisation	Das Physiklabor für fortgeschrittene Lehramtsstudierende wird zweimal jährlich angeboten und findet grundsätzlich als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit statt. Mögliche Termine sind entweder der Zeitraum Mitte Februar - Mitte April oder der Zeitraum Mitte August - Mitte Oktober. Termine für die Seminarvorträge können in der Vorlesungszeit stattfinden. 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/.					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Es sind 4 Versuche und ein Seminarvortrag (Teilprüfungen, benotet) als Teilleistungen zu erbringen. Die einzelnen Teilleistungen (Versuche) bestehen jeweils aus einem Eingangstestat (schriftl./mündl.), in dem der Nachweis erbracht wird, dass die Teilnehmer sich ausreichende Grundkenntnisse zur physikalischen Fragestellung des Versuchs, den physikalischen Grundlagen und dem experimentellen Aufbau angeeignet haben. Des Weiteren wird zu jedem Versuch ein schriftliches Protokoll angefertigt. Versuchsvorbereitung und -durchführung werden mitbewertet. In die Bewertung eines Versuchs gehen die Einzelleistungen mit folgender Gewichtung ein: - 20% Eingangstestat (schriftl./mündl.) - 20% praktische Leistung während der Durchführung - 60% Protokoll (schriftlich) Zu einem Versuch wird eine mündliche Präsentation im Rahmen eines gemeinsamen Seminars gehalten. Das arithmetische Mittel der Bewertungen der einzelnen Versuche und des Seminarvortrags ergibt die Note der Prüfungsleistung des Moduls.					
Modulnote	Die Prüfungsleistung im Physiklabor für Fortgeschrittene Lehramtsstudierende 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 zum nächsten Semester möglich.					
Qualifikationsziele	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	- Einführungsveranstaltung mit Laser- und Strahlenschutzunterweisung - Durchführung von 3 Versuchen (jeweils 1,5 Tage) aus dem Programm des FP-I und ein einwöchiger Versuch aus dem Programm des FP-II. - Seminarvortrag über die Ergebnisse des langen Versuchs			
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Physiklabor für Fortgeschrittene Lehramtsstudierende	90 h	60 h	150 h
	Gesamt:	90 h	60 h	150 h
Verwendbarkeit	M.Ed. Physik Hauptfach, M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)			
Voraussetzungen / nützliche Vorkenntnisse	Der Nachweis von gültigen Laser- und Strahlenschutzbelehrungen muss erbracht werden. Dringend empfohlen ist die erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung <i>Experimentalphysik V</i> vor dem Beginn des <i>Physiklabors für fortgeschrittene Lehramtsstudierende</i> . Nützliche Vorkenntnisse zur Teilnahme am <i>Physiklabor für fortgeschrittene Lehramtsstudierende</i> werden in der Veranstaltung <i>Experimentelle Methoden</i> vermittelt.			
Sprache	Deutsch			

3.2. Fachdidaktik (15 ECTS Punkte)

3.2.1. Fachdidaktik Physik A (5 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-FDA	Fachdidaktik Physik A 5 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Form	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Fachdidaktik I	V	2	2	SL: Übungen	WiSe
	Fachdidaktik II	V	3	3	SL: Übungen	SoSe
	Gesamt:			5		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Beide Veranstaltungen werden von Dozenten der Fachdidaktik für Physik von der Pädagogischen Hochschule abgehalten und finden auch in den Räumlichkeiten der PH statt. Die Fachdidaktik II hat den Charakter eines Seminars. Sie Studienleistungen in Fachdidaktik I und II besteht aus der regelmäßigen Teilnahme an den Veranstaltungen und der Bearbeitung der Übungsaufgaben.					
Modulnote	-					
Qualifikationsziele	Fachdidaktik I: Einführung in die Fachdidaktik für Studierende des Gymnasiallehramts (PHY 420) Die Studierenden... • kennen ausgewählte physikdidaktische Konzepte und können diese kritisch analysieren und bewerten; • können zu den zentralen Bereichen des Physiklernens in der Sekundarstufe I typische Präkonzepte und Verständnishürden beschreiben; • verfügen über physikdidaktisches Wissen, insbesondere zur Bestimmung, Auswahl und Begründung von Zielen, Inhalten, Methoden und Medien physikbezogener Bildung; • kennen die relevanten Bildungspläne und Bildungsstandards und können sie analysieren und kritisch bewerten; • verfügen über erste Fähigkeiten zur Planung, Gestaltung und Beurteilung von physikbezogenem Unterricht; • können Physikunterricht aus physikdidaktischer Perspektive exemplarisch beobachten und analysieren; • kennen und reflektieren Wege der fachbezogenen Unterrichtsentwicklung an konkreten Situationen. Fachdidaktik II: Diagnostizieren und Fördern im Physikunterricht (PHY 520) Die Studierenden... • kennen die verschiedenen Klassifikationen und Taxonomien von Lernzielen.					

	• kennen verschiedene Möglichkeiten zur Ziel- und Inhaltsfindung (z. B. die didaktische Analyse nach Klafki oder einschlägige Fragenkataloge) und können diese auf einen physikalischen Inhalt anwenden. • kennen die verschiedenen Artikulationsschemata einer Unterrichtsstunde. • sind in der Lage, eine Vielzahl an möglichen Unterrichtseinstiegen zu benennen und zu einem gegebenen Thema einen adäquaten Unterrichtseinstieg auszuwählen. • wissen um die Notwendigkeit, physikalische Inhalte an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler anzubinden. • kennen einschlägige Studien zum Thema „Kontextorientierung“. • können physikalische Inhalte in einen für Schülerinnen und Schüler authentischen Kontext einbetten. • können den Unterrichtseinsatz mobiler Endgeräte lernpsychologisch einbetten (Stichwort: „Situierendes Lernen“). • kennen die in Smartphones und Tablets standardmäßig verbauten Sensoren und können diese in Experimentiersituationen nutzen. • können die in mobilen Endgeräten verbauten Sensoren mit geeigneten Apps auslesen, die erfassten Daten exportieren und zur Auswertung z. B. in ein Tabellenkalkulationsprogramm importieren. • kennen neben zahlreichen Schulversuchen auch solche, die als Hausaufgabe oder im Alltag der Lernenden durchgeführt werden können (z.B. Bestimmung von Strömungswiderstandskoeffizienten, Beschleunigungsvorgänge von Fahrzeugen, die Radialbeschleunigung bei einer Kurvenfahrt, akustische Analysen im Alltag u. v. m.). • kennen die Videoanalyse als zweidimensionales, berührungsloses und kostengünstiges Verfahren zur elektronischen Messwerterfassung im Themenbereich „Mechanik“. • sind in der Lage, ein Video in ein für die Analysesoftware kompatibles Format zu konvertieren. • können Videos von Bewegungsvorgängen mit einer Videoanalysesoftware manuell sowie automatisch analysieren, Bewegungsdiagramme darstellen sowie weitere Größen aus den erfassten Zeit- und Ortskoordinaten berechnen (z. B. die Kraft, der Impuls oder die potentielle sowie kinetische Energie). • kennen die verschiedenen Arten von Modellbildungssystemen sowie deren Vor- und Nachteile. • kennen den von Modellbildungsprogrammen genutzten Lösungsalgorithmus. • können physikalische Vorgänge unter realistischen Bedingungen (z. B. keine Vernachlässigung von Reibungskräften) mit einem Modellbildungsprogramm modellieren.
Lehrinhalte	Fachdidaktik I Im Modul werden folgende Studieninhalte vermittelt: • Ansätze des Lehrens und Lernens von Physik unter besonderer Berücksichtigung von Ergebnissen der empirischen Forschung • strukturiertes Wissen zu fachdidaktischen Forschungsergebnissen und der Unterrichtsplanung (unter Berücksichtigung des Gender-Aspekts) • Fachdidaktische Denk- und Arbeitsweisen, Motivation und Interesse; Experimente, Medieneinsatz und Aufgabenkultur im Physikunterricht. Fachdidaktik II

	• Einführung in die Planung von Physikunterricht • Kontextorientiertes und fachübergreifendes Unterrichten (z. B. aufgezeigt an den Beispielen „Physik in Zeitung und Werbung“, „Physik und Medizin“, „Physik und Sport“, „Physik der Kirchenglocke“, „Klimawandel und Treibhauseffekt“, „Überlebenstechniken von Wüstentieren“ oder „Natürliche Phänomene des VLF-Bereichs“) • Nutzung mobiler Endgeräte (z. B. Smartphones oder Tablets) zur elektronischen Messwerterfassung • Videoanalyse als Mittel zur Messwerterfassung im Themenbereich „Mechanik“ • Einsatz von Modellbildungssystemen zur numerischen Lösung von Differentialgleichungen			
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Fachdidaktik I	30 h	30 h	60 h
	Fachdidaktik II	45 h	45 h	90 h
	Gesamt	75 h	75 h	150 h
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-HF Bachelor Physik (Option Lehramt), M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)			
Vorkenntnisse	-			
Sprache	Deutsch			

3.2.2. Fachdidaktik Physik B (6 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-FDB	Fachdidaktik Physik B 6 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Kontextorientierung und Physik im Alltag	V	2	2	SL: Übungen und schriftl. Ausarbeitung	WiSe
	Fachdidaktik der Physik der Kursstufe	V + S	2	3	SL: aktive Teilnahme	SoSe und WiSe
	Modulabschlussprüfung			1	PL: Klausur	
	Gesamt:			6		
Organisation	Die Veranstaltung Kontextorientierung und Physik im Alltag wird in Zusammenarbeit mit der PH Freiburg angeboten: Rund die Hälfte der Vorlesungsstunden besteht in einer Einführung in die Kontextorientierung in der Schule und wird von einem Vertreter der Fachdidaktik der Physik von der PH abgehalten. Die andere Hälfte der Vorlesungsstunden werden Dozenten der Physik der Universität Freiburg den Alltagsbezug ihrer Forschung darstellen. Die Veranstaltung Fachdidaktik der Physik der Kursstufe wird unter der Verantwortung der PH-Freiburg angeboten.					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Studienleistung in der Veranstaltung „Kontextorientierung und Physik im Alltag“ besteht aus der erfolgreichen Bearbeitung von Übungsaufgaben und des Verfassens einer schriftlichen Ausarbeitung nach Maßgabe der Dozierenden. Die Studienleistung in der Veranstaltung „Fachdidaktik der Physik der Kursstufe“ besteht aus der regelmäßigen Teilnahme an der Veranstaltung. Die Prüfungsleistung der Modulabschlussprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 90 Minuten), die zu gleichen Teilen die Inhalte und Kompetenzen beider Veranstaltungen überprüft.					
Modulnote	Die Modulnote ermittelt sich aus den Ergebnissen der schriftlichen Prüfungsleistung.					
Qualifikationsziele	Kontextorientierung und Physik im Alltag • Die Studierenden kennen empirische Ergebnisse zum Interesse von Schülerinnen und Schülern. • Die Studierenden kennen Befunde zur empirischen Wirksamkeit von Kontexten im Physikunterricht. • Die Studierenden können den Einsatz von Kontexten im Physikunterricht kritisch diskutieren. • Die Studierenden kennen den Alltagsbezug zu Themen physikalischer Forschung. • Die Studierenden können kontextorientierte Unterrichtsreihen planen.					

	Fachdidaktik der Physik der Kursstufe • Die Studierenden können in der Kursstufe verwendete Modelle anwenden. • Die Studierenden kennen Experimente und Visualisierungen zu Themen der Kursstufe. • Die Studierenden kennen Schülervorstellungen zu Themen der Kursstufe. • Die Studierenden können mathematische Modelle zu Themen der Kursstufe schülergerecht darstellen und erklären. • Die Studierenden kennen Unterrichtskonzepte zur Quantenmechanik und Teilchenphysik. • Die Studierenden können Unterrichtsreihen zu Themen der Kursstufe planen.			
Lehrinhalte	Kontextorientierung und Physik im Alltag - Befunde, Theorien und Beispiele zum Einsatz von Kontexten im Physikunterricht aus der fachdidaktischen Forschung - Alltagsbezug aktueller physikalischer Forschung am Physikalischen Institut Fachdidaktik der Physik der Kursstufe - Behandlung von Schwingungen und Wellen in der Schule - Veranschaulichung des Feldbegriffs - Didaktische Zugänge zur Quantentheorie - Didaktische Zugänge zur Kern- und Teilchenphysik			
Literaturempfehlung	werden von den jeweiligen Dozenten bekannt gegeben.			
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Kontextorientierung und Physik im Alltag	30 h	30 h	60 h
	Fachdidaktik der Physik der Kursstufe	30 h	60 h	90 h
	Modulabschlussprüfung	1,5 h	28,5 h	30 h
	Gesamt:	61,5 h	118,5 h	180 h
Verwendbarkeit	M.Ed. Physik, M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)			
Voraussetzungen und Vorkenntnisse	Nachweis der erfolgreichen Teilnahme an der Veranstaltung „Einführung in die Fachdidaktik der Physik“ und „Diagnostizieren im Unterricht“ aus dem polyvalenten 2-Hauptfächer-Bachelorstudiengang oder gleichwertige Veranstaltungen.			
Sprache	Deutsch / Englisch			

3.2.3. Labor für Demonstrationsversuche Physik (4 ECTS Punkte)

Modul 07LE33MO-MEd-128- EF120-2022-DEMO	Labor für Demonstrationsversuche Physik						4 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Turnus	
	Labor für Demonstrationsversuche	Ü	2	4	PL: Klausur	WiSe	
	Gesamt:		2	4			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Veranstaltung besteht aus der praktischen Durchführung und der Präsentation von Schülerexperimenten. Die Inhalte werden in einer Klausur schriftlich geprüft (Dauer: 60-180 Minuten).						
Modulnote	Die Modulnote ist das Ergebnis der schriftlichen Abschlussklausur.						
Qualifikationsziele	Labor für Demonstrationsversuche - Die Studierenden kennen typische Schulversuche und Geräte - Die Studierenden beherrschen die grundlegenden Fertigkeiten für den eigenständigen Aufbau und die Auswertung von schulrelevanten Experimenten. - Die Studierenden beherrschen den sachverständigen Umgang mit den Experimentiermaterialien unter Berücksichtigung der Sicherheitsrichtlinien - Die Studierenden können Experimente fachlich korrekt aufarbeiten und didaktisch sinnvoll vorführen						
Lehrinhalte	Labor für Demonstrationsversuche - Eigenständiges Aufbauen, Durchführen und Auswerten von Demonstrations- und Schülerexperimenten - Präsentation und fachlich korrekte Darstellung von Experimenten - Didaktische Bewertung von Demonstrations- und Schülerexperimenten - Sicherer Umgang mit Experimentiermaterialien und Geräten						
Literaturempfehlung	werden von den jeweiligen Dozent:innen bekannt gegeben.						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Präsenz	Selbststudium		Summe		
	Labor für Demonstrationsversuche	44	44		88		
	Modulabschlussprüfung	1,5	30,5		32		
	Gesamt:	45,5	74,5		120		
Verwendbarkeit	M.Ed. Physik, M.Ed. Erweiterungsfach (120 ECTS)						

Voraussetzungen und nützliche Vorkenntnisse	Vorausgesetzt werden die Module Experimentalphysik A, Experimentalphysik B, Theoretische Physik A, Theoretische Physik B, Physikkabor für Anfänger/Innen I und II aus dem polyvalenten 2-Hauptfächerbachelorstudiengang oder gleichwertige Kompetenzen.
Sprache	Deutsch

4. Physikveranstaltungen im Wahlpflichtmodul Physik

Im Bereich des Wahlpflichtmoduls Physik 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. Neben diesen Lehrveranstaltungen können nach vorheriger Absprache mit dem/der jeweiligen Dozent:in auch Veranstaltungen des Moduls Elective Subjects der M.Sc. Studiengänge gewählt werden.

4.1. Ausgewählte Kapitel der modernen Physik (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33MT-MEd-AKAP	Ausgewählte Kapitel der modernen Physik				
Dozent:innen	apl. Prof. Dr. Thomas Filk				
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Vorlesung (V)	2	5	SL	SoSe
	Übung (Ü)	2			
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester				
Qualifikationsziele	- Die Studierenden kennen die physikalischen Grundlagen zu ausgewählten schul-relevanten Themen, die das Wissen aus dem fachwissenschaftlichen Studium er-weitern. - Sie können Problemstellungen aus diesen Bereichen eigenständig bearbeiten. - Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.				
Lehrinhalte	Diese Vorlesung richtet sich in erster Linie an Lehramtsstudierende der Physik. Sie kann als Wahlpflichtvorlesung im Master of Education gehört werden oder auch im Bachelor als Spezialvorlesung, falls Mathematik das zweite Hauptfach ist. Inhaltlich deckt diese Vorlesung einige Themen ab, die im normalen Curriculum nicht oder nur am Rande behandelt werden, die aber für zukünftige Lehrer*Innen relevant sind, ent-weder, weil sie im Rahmenlehrplan der Oberstufe vorgesehen sind oder aber zur Mo-tivation der Schüler*Innen beitragen können. Programm (Auswahl): - Klimaphysik - Standardmodell der Kosmologie - elementare Einführung in die Allgemeine Relativitätstheorie - elementare Einführung in die Astrophysik - Halbleiter und Photovoltaik, etc. - Bildgebende Verfahren in der Medizin - Maschinelles Lernen				
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2HF-Bachelor: Wahlpflichtmodul (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL)				
Vorkenntnisse	-				
Sprache	Deutsch				

4.2. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-HL	Grundlagen der Halbleiterphysik / Fundamentals of Semiconductors & Optoelectronics					5 ECTS
Dozent:innen	Prof. Andreas Bett (Fraunhofer ISE), Dr. Stefan Janz (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	- 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	- 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	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL) M.Sc. Physics und M.Sc. Applied Physics					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik IV (Kondensierte Materie)					
Sprache	Deutsch oder Englisch					

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

Modul Nr. 11LE50V-5380	Biophysik: Grundlagen und Konzepte					7 ECTS
Dozent:innen	Prof. Dr. Alexander Rohrbach (IMTEK)					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	WiSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	Die Vorlesung stellt einen Streifzug durch die moderne Zellbiophysik dar, adressiert Fragen der aktuellen Forschung und stellt moderne Untersuchungsmethoden vor. Dies beinhaltet klassische, aber auch neueste physikalische Modelle und Theorien, welche in Kombination mit experimentellen Messmethoden einen erheblichen Fortschritt in der Biophysik, ermöglicht haben. Die Studierenden sollen lernen, wie Methoden aus der klassischen Mechanik mit denen der statistischen Physik verknüpft werden, um das Verhalten biologischer Strukturen in Zeit und Raum zu verstehen. Dies beinhaltet die Reduktion und Abstraktion komplexer biologischer Probleme, damit diese mathematisch und durch Computersimulationen beschrieben und so durch den Vergleich mit Messungen und Analysemethoden besser verstanden werden können. Die Vorlesung (3 ECTS) richtet sich an Physiker:innen und Ingenieur:innen im Masterstudium. Der Vorlesungsstoff wird mit wöchentlichen Übungen (zusätzlich 3-4 ECTS) veranschaulicht und gefestigt.					
Lehrinhalte	Die Vorlesung stellt Grundlagen und moderne Konzepte der Biophysik und der Physik der weichen Materie dar. Vielfältiges Anschauungsmaterial wird mit mathematischen Konzepten der statistischen Mechanik vorgestellt - im Ortsraum wie im Frequenzraum. Inhalte: 1. Aufbau der Zelle oder Das Rezept für biophysikalische Forschung 2. Diffusion und Fluktuationen 3. Mess- und Manipulationstechniken 4. Biologisch relevante Kräfte 5. Biophysik der Proteine 6. Polymerphysik einzelner Filamente 7. Visko-Elastizität und Mikro-Rheologie 8. Die Dynamik des Zytoskeletts 9. Molekulare Motoren 10. Membran-Biophysik 11. Anhang					
Literatur	• Rob Phillips: Physical Biology of the Cell • Joe Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton					

	• Gary Boal: Mechanics of the Cell • Erich Sackmann & Rudolf Merkel: Lehrbuch der Biophysik
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/ Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL) M.Sc. Physics und M.Sc. Applied Physics
Vorkenntnisse	-
Sprache	Deutsch

4.4. 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:innen	Dozent:innen 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	- 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	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. - 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					

	• 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	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/ Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL)
Vorkenntnisse	Grundlagen der Analysis
Sprache	Deutsch

4.5. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-PHOTOVOLT	Photovoltaische Energiekonversion / Photovoltaic Energy Conversion					5 ECTS
Dozent:innen	Dr. Uli Würfel (Fraunhofer ISE), Prof. Dr. Andreas Bett (Fraunhofer ISE)					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	5	SL oder PL	WiSe	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Grundlagen der Photovoltaik und beherrschen die der photovoltaischen Energiekonversion zu Grunde liegenden Konzepte der Atom-, Molekül- und Halbleiterphysik					
Lehrinhalte	• 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	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik/ Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL) M.Sc. Physics und M.Sc. Applied Physics (SL oder PL)					
Vorkenntnisse	-					
Sprache	Deutsch oder Englisch					

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

Modul Nr. 07LE33M-DIGIELEC	Einführung in die Moderne Digitalelektronik					7 ECTS
Dozent:innen	apl. Prof. Dr. 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	• Anwendungsfelder der Digitalelektronik • Grundlagen und logische Verknüpfungen • Schaltkreisfamilien • Rechenschaltungen • programmierbare Bausteine (FPGA und CPLD) • Zahlen und Speicher • Automaten • Systeme zur Datenaufzeichnung In der praktischen Übung werden Logikbausteine (FPGA) selbst programmiert.					
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/ Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL)					
Vorkenntnisse	-					
Sprache	Deutsch					

4.7. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-ASTROPHYS	Einführung in die Astrophysik					7 ECTS
Dozent:innen	Dr. Rolf Schlichenmaier (Institut für Sonnenphysik, KIS)					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	SoSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	- 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	- 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	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/ Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL)					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-III					
Sprache	Deutsch					

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

Modul Nr. 07LE33M-DYNBIO	Dynamische Systeme in der Biologie					7 ECTS
Dozent:innen	Prof. Dr. Jens Timmer					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	- 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	Mathematische Biologie: - Populationsdynamik - Neuronenmodelle - Strukturbildung - Enzyndynamik Systembiologie: - Metabolische Netzwerke - Signaltransduktionskaskaden - Genregulation - Slides der letzten Woche: Chemotaxis, JAK-STAT Signalling, Epo Rezeptor, und Identifizierbarkeit					
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/ Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL) M.Sc. Physics und M.Sc. Applied Physics (SL oder PL)					
Vorkenntnisse	Klassische Mechanik, Differentialgleichungen					
Sprache	Deutsch					

4.9. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-SR	Spezielle Relativitätstheorie / Special Relativity					7 ECTS
Dozent:innen	Jun.-Prof. Dr. Simone Biondini, Prof. Stefan Dittmaier					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	5	SL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	- 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	- 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	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik/ Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL)					
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I-III					
Sprache	Deutsch					

4.10. Einführung in Maschinelles Lernen (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-MLEARN	Einführung in Maschinelles Lernen					7 ECTS
Dozent:innen	Prof. Markus Schumacher, Dr. Michael Böhler					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	- 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	- 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 Forests) und Anwendung auf Bäume - Klassische und Tiefe Neuronale Netzwerke, Fehlerrückpropagation, Regularisierungsoptionen (Early Stopping, Dropout, Batch Normalisation, ...) - Konvolutionelle und Rekurrente Netzwerke und deren Anwendung					
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/ Mathematik (SL) M.Ed. Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL)					
Vorkenntnisse	Grundlagen statistischer Methoden, Analysis für Physiker					
Sprache	Deutsch					

