

**Modulhandbuch
für den
Master-Studiengang Angewandte Physik**

9. April 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Studienziele und Voraussetzungen	5
1.1	Studienziele	5
1.2	Zugangsvoraussetzungen	6
2	Modul- und Veranstaltungsliste	9
2.1	Modulübersicht	9
2.2	Liste der Wahlpflichtmodule für die unterschiedlichen Spezialisierungen	10
2.2.1	Spezialisierung: Data Science (Particle Physics)	10
2.2.2	Spezialisierung: Data Science (Solid State Physics)	10
2.2.3	Spezialisierung: Detector Physics	11
2.2.4	Spezialisierung: Quantum Physics	11
2.2.5	Spezialisierung: Materials Science	12
3	Wichtige Bemerkungen zur Modulliste	13
3.1	Generelle Bemerkungen	13
3.2	Anerkennung von Leistungen	13
3.2.1	Wechsel des Studiengangs	13
3.2.2	Leistungen in Auslandssemestern	14
3.3	Hinweise zur Forschungsphase	14
3.3.1	Bewertungskriterien	15
3.4	Beispiele für Studienverlaufpläne	17
4	Detaillierte Modulbeschreibungen mit Lehrveranstaltungen	19
4.1	Physik Module	19
4.2	Ingenieurwissenschaften und Angewandte Module	49
4.3	Theoretische Physik	64
4.4	Praktika	66
4.5	Erweiterte Kompetenzen	69
4.6	Forschungsphase	70

1 Studienziele und Voraussetzungen

1.1 Studienziele

Basierend auf der Erklärung der Konferenz der Fachbereiche Physik (beschlossen 8.11.2010):

Aufbauend auf einem ersten Hochschulabschluss führt das Masterstudium zum Erwerb zusätzlicher analytischer und methodischer Kompetenzen. Zugleich werden die fachlichen Kenntnisse und Fertigkeiten aus dem ersten Studium vertieft und erweitert. Der Master-Studiengang Angewandte Physik sieht fünf Spezialisierungsrichtungen vor, welche auch auf dem Abschlusszeugnis dargestellt werden:

- Data Science (Datenwissenschaft) - Schwerpunkt Particle Physics (Teilchenphysik)
- Data Science (Datenwissenschaft) - Schwerpunkt Solid State Physics (Festkörperphysik)
- Detector Physics (Detektorphysik)
- Materials Science (Materialwissenschaften)
- Quantum Physics (Quantenphysik)

Die Absolventinnen und Absolventen des Master-Studienganges Angewandte Physik haben damit Spezialkenntnisse in einem dieser Teilbereiche auf international höchstem Niveau erworben und sind zu selbständigem wissenschaftlichem Arbeiten befähigt. Damit füllen sie im wesentlichen das umfassende und wegen seiner fachlichen Breite und Flexibilität geschätzte Berufsbild des Physikers aus, haben darüber hinaus aber vertiefte Kenntnisse in der Anwendung erworben. Sie sind prinzipiell zum Übergang in eine Promotionsphase befähigt.

Im Einzelnen bedeutet das:

1. Sie haben ihre mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft, den Überblick über innerphysikalische Zusammenhänge sowie solche mit den Nachbardisziplinen erweitert und sich auf einem Spezialgebiet der angewandten Physik so spezialisiert, dass sie Anschluss an die aktuelle internationale Forschung finden können.
2. Sie haben ihr Wissen beispielhaft auch an komplexen physikalischen Problemen und Aufgabenstellungen eingesetzt und können diese auf einer wissenschaftlichen Basis analysieren, formulieren und möglichst weitgehend lösen.
3. Sie sind in der Lage, zur Lösung komplexer physikalischer Probleme Experimente zu planen, aufzubauen, durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren.
4. Sie haben in ihrem Studium soziale Kompetenzen erworben. Diese überfachlichen Kompetenzen werden weitgehend integriert in den Fachlehrveranstaltungen sowie vor allem in der Forschungsphase erworben.
5. Sie haben in der einjährigen Forschungsphase die Fähigkeit erworben, sich in ein beliebiges technisch-physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen, Experimente zu konzipieren und durchzuführen, die Ergebnisse im Lichte der verschiedensten physikalischen Phänomene einzuordnen und Schlussfolgerungen für technische Entwicklungen und den Fortschritt der Wissenschaft daraus zu ziehen.

6. Sie besitzen nach der Forschungsphase das notwendige Durchhaltevermögen, um in Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Fehlschlägen, unerwarteten Schwierigkeiten und Verzögerungen umzugehen und gegebenenfalls mit modifizierter Strategie dennoch zum Ziel zu kommen.
7. Sie sind befähigt, auch fernab des im Masterstudium vertieften Spezialgebietes beruflich tätig zu werden und dabei ihr physikalisches Grundwissen und Kenntnisse in der Anwendung zusammen mit den erlernten wissenschaftlichen Methoden und Problemlösungsstrategien einzusetzen.
8. Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte und eigene Forschungsergebnisse im Kontext der aktuellen internationalen Forschung umfassend zu diskutieren und in schriftlicher (Masterarbeit) und mündlicher Form (Vortrag mit freier Diskussion) darzustellen.
9. Sie sind sich ihrer Verantwortung gegenüber der Wissenschaft und möglicher Folgen ihrer Tätigkeit für Umwelt und Gesellschaft bewusst und handeln gemäß den Grundsätzen guter wissenschaftlicher Praxis.

1.2 Zugangsvoraussetzungen

Die Zugangsvoraussetzungen für den Master of Science im Fach Angewandte Physik sind in der entsprechenden [Prüfungsordnung](#) geregelt. Im Folgenden werden die wichtigsten Voraussetzungen kurz zusammengefasst:

- Zum Masterstudiengang Angewandte Physik wird zugelassen, wer über die dafür erforderliche Vorbildung verfügt. Dazu ist der Nachweis eines Bachelorabschlusses mit mindestens der Note 3,0 entweder im Fach Angewandte Physik oder eines Studienabschlusses an einer Hochschule in Deutschland oder im Ausland, der sich davon nicht wesentlich unterscheidet, erforderlich. Im Falle einer ausländischen Hochschule wird die Note in das deutsche Notensystem umgerechnet.
- Es können auch Leistungen berücksichtigt werden, die nicht im zugrundeliegenden Bachelorstudiengang erbracht wurden. Hierüber entscheidet der Prüfungsausschuss. Inhaltlich müssen die nachfolgend aufgeführten Bereiche im Umfang von mindestens:
 - 40 Leistungspunkten im Modulbereich Experimentalphysik
 - 40 Leistungspunkten in Ingenieurs- und Informatikmodulen
 - 20 Leistungspunkte im Modulbereich Theoretische Physik und Mathematik
 - 15 Leistungspunkte im Bereich der Praktika
 - 9 Leistungspunkten für die schriftlich abgefasste Bachelorarbeit

abgedeckt werden. Sollten die genannten Bereiche nicht abgedeckt sein, so kann eine Zulassung zum Masterstudium unter Auflagen erfolgen.

- Die Zulassung erfordert einen Nachweis über erforderliche Sprachkenntnisse in Englisch mindestens auf dem Niveau B2, die zur Lektüre englischsprachiger Fachliteratur, zur Teilnahme an Lehrveranstaltungen in englischer Sprache sowie zum Anfertigen von schriftlichen Studien- und Prüfungsleistungen in englischer Sprache befähigen. Nachweise, die anerkannt werden, sind in § 7 Abs. 5 der Einschreibeordnung der Johannes Gutenberg-Universität festgelegt. Dieser Nachweis gilt auch durch die Vorlage eines deutschen Abiturzeugnisses als erbracht, aus dem hervorgeht, dass mindestens fünf Jahre (vier Jahre bei G8) Englisch im Schulunterricht besucht wurden und dieser mit mindestens „ausreichend“ oder 5 Punkten abgeschlossen wurde.
- Bei Studienbewerberinnen oder Studienbewerbern, die weder ihre Hochschulzugangsberechtigung an einer deutschsprachigen Einrichtung noch einen Abschluss in einem deutschsprachigen Studiengang erworben haben, ist für die Einschreibung der Nachweis von Deutschkenntnissen auf dem Niveau B2 erforderlich.

Abweichend von diesen Regelungen kann die Eignung auf Antrag in einem Auswahlgespräch festgestellt werden. Details hierzu sind in der Prüfungsordnung (§2, Abs. 5) geregelt.

2 Modul- und Veranstaltungsliste

2.1 Modulübersicht

Modul	SWS	LP
<i>Pflichtmodule</i>		
Theoretische Physik	4 V + 2 Ü	8
F-Praktikum	8 P	10
Erweiterte Kompetenzen	2HS+2HS	6-8
<i>Summe</i>		24
<i>Forschungsphase</i>		
Spezialisierung	F	15
Methodenkenntnis	F	15
Masterarbeit	F	30
<i>Summe</i>		60
<i>Wahlpflichtmodule (unterschiedlich je nach Spezialisierung)</i>		
Experimentalphysik 1	3 V + 1 Ü	6
Experimentalphysik 2	3 V + 1 Ü	6
Experimentalphysik 3	3 V + 1 Ü	6
Ingenieurwissenschaften 1	z.B. 2 V + 2 Ü	6
Ingenieurwissenschaften 2	z.B. 2 V + 2 Ü	6
Ingenieurwissenschaften 3	z.B. 2 V + 2 Ü	6
<i>zu wählen</i>		36
Gesamt		120

2.2 Liste der Wahlpflichtmodule für die unterschiedlichen Spezialisierungen

Die folgenden Module werden regelmäßig angeboten. Sie finden die aktuelle Liste für jedes Semester in Jogustine. Am Anfang des Studiums wird zunächst die Spezialisierungsrichtung festgelegt und anschließend die entsprechenden Module (3 Experimentalphysik und 3 angewandte bzw. ingenieurwissenschaftliche Module) belegt, wobei eines der ingenieurwissenschaftlichen bzw. angewandten Module durch ein Praktikum in der freien Wirtschaft oder an einer außeruniversitären Forschungseinrichtung ersetzt werden kann. Bereits in einem Bachelor-Studiengang absolvierte Module können nicht erneut eingebracht werden.

2.2.1 Spezialisierung: Data Science (Particle Physics)

- Physik Module (3 sind zu belegen)
 - Particle Detectors
 - Particle Physics
 - Astroparticle Physics
 - Advanced Particle Physics
 - Advanced Chapters on Subatomic Physics
 - Advanced Astroparticle- and Astrophysics
- Ingenieurwissenschaftliche Pflichtmodule
 - Statistics, Data Analysis and Simulation¹
- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (2 sind zu belegen)
 - Big Data
 - Data Mining
 - Machine Learning für die Physik
 - Lineare Modellierung
 - Industriepraktikum

2.2.2 Spezialisierung: Data Science (Solid State Physics)

- Physik Module (3 sind zu belegen)
 - Advanced Solid State Physics
 - Materials Science
 - Modern Experimental Methods in Condensed Matter Physics
 - Superconductivity
 - Introduction to Advanced Materials - from soft matter to hard matter
 - Quantum Spintronics
 - Soft Materials at Interfaces
 - Nonequilibrium phenomena in quantum matter
- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (3 sind zu belegen)

¹Wurde dieses Modul bereits im B.Sc. Angewandte Physik belegt ist stattdessen ein weiteres ingenieurwissenschaftliches oder angewandtes Modul aus dieser Spezialisierung zu wählen.

- Statistics, Data Analysis and Simulation
- Big Data
- Data Mining
- Machine Learning für die Physik
- Lineare Modellierung
- Industriepraktikum

2.2.3 Spezialisierung: Detector Physics

- Physikalische Pflichtmodule
 - Particle Detectors²
- Physik Module (2 sind zu belegen)
 - Particle Physics
 - Astroparticle Physics
 - Accelerator Physics
 - Advanced Particle Physics
 - Advanced Chapters on Subatomic Physics
 - Advanced Astroparticle- and Astrophysics
- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (3 sind zu belegen)
 - Statistics, Data Analysis and Simulation
 - Simulation Tools
 - FPGA Programming
 - Techniques of vacuum and low temperatures
 - Medical Physics and Physics of Radiation
 - Industriepraktikum

2.2.4 Spezialisierung: Quantum Physics

- Physik Module (3 sind zu belegen)
 - Quantum Optics
 - Photonics
 - Quantum Information
 - Precision fundamental physics
- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (3 sind zu belegen)
 - Quantencomputer Programmierung
 - Big Data
 - Machine Learning für die Physik
 - Simulation Tools
 - Industriepraktikum

²Wurde dieses Modul bereits im B.Sc. Angewandte Physik belegt ist stattdessen ein weiteres physikalisches Modul aus dieser Spezialisierung zu wählen.

2.2.5 Spezialisierung: Materials Science

- Physik Module (3 sind zu belegen)
 - Advanced Solid State Physics
 - Modern Experimental Methods in Condensed Matter Physics
 - Materials Science
 - Introduction to Advanced Materials - from soft matter to hard matter
 - Quantum Spintronics
 - Superconductivity

- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (3 sind zu belegen)
 - Modern Methods of Physical Chemistry
 - Electrons in Molecules
 - Molecular Photochemistry
 - Industriepraktikum

3 Wichtige Bemerkungen zur Modulliste

3.1 Generelle Bemerkungen

1. Sind alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der jeweiligen Sprache (Deutsch oder Englisch) mündig und es besteht der Konsens die Veranstaltung in dieser Sprache abzuhalten kann die Sprache von der im Modulhandbuch festgelegten abweichen.
2. Im Master-Studiengang müssen mindestens 120 LP erreicht werden. Ab einer Überschreitung um 6 LP muss ein klärendes Gespräch mit einem Studienfachberater oder einer Studienfachberaterin stattfinden.
3. Vor Abschluss des Master-Studiums müssen mindestens drei Experimentalphysik-Module, drei Module aus dem Ingenieurwissenschaftlichen und Angewandten Bereich und ein Modul aus der Theorie besucht werden. Lehrveranstaltungen oder Module, die bereits im zugrundeliegenden Bachelorstudiengang absolviert wurden, können im Masterstudiengang nicht belegt werden. Sind diese Lehrveranstaltungen Pflichtveranstaltungen ist stattdessen eine Wahlpflichtveranstaltung aus dem gleichen Bereich zu wählen.
4. Bei gleichwertigen Veranstaltungen wird die Mainzer LP-Zahl für Veranstaltungen anderer Universitäten anerkannt. Bei Grenzfällen können moderate Auflagen auferlegt werden.
5. Die fachübergreifende Veranstaltung (2-3 LP) kann statt einem der Hauptseminare gewählt werden. In der fächerübergreifenden Veranstaltung können Veranstaltungen im Rahmen des „Studium Generale“ wie z.B. Sprachkurse, Seminare Philosophie der Physik oder der Naturwissenschaften, sowie Seminare zum wissenschaftlichen Schreiben sowie Praktika („Sommerstudentenprogramme“) an Großforschungseinrichtungen anerkannt werden. Über die Annerkennung entscheidet der/die Studienfachberater/in.
6. Masterarbeiten außerhalb des FB 08 müssen beantragt werden. Das Erstgutachten bei externen Arbeiten muss durch eine Hochschullehrerin oder einen Hochschullehrer des FB 08 erstellt werden.

3.2 Anerkennung von Leistungen

3.2.1 Wechsel des Studiengangs

Beim Wechsel von Studiengängen in Mainz und beim Wechsel nach Mainz werden Leistungen anerkannt, falls kein wesentlicher Unterschied bezogen auf entsprechende Leistungen des MSc-Studiengangs Angewandte Physik in Mainz besteht. Dabei können Leistungen zusammengefasst bzw. aufteilt werden, sodass formale Hürden durch die Anzahl von Leistungspunkten vermieden werden. Auch Nebenfächer, die nicht im Studiengang M.Sc. Angewandte Physik Mainz angeboten werden, können berücksichtigt werden. Jeder Fall wird dabei individuell bearbeitet, mit den Antragsstellern diskutiert um anschließend gemeinsam ein Anerkennungsformat auszufüllen (<http://www.studium.fb08.uni-mainz.de/downloadcenter-physik/>).

3.2.2 Leistungen in Auslandssemestern

Laut der Anerkennungssatzung der Universität sind die Qualität, das Niveau, die Lernergebnisse bzw. Lernziele, der Workload und das Profil der Studien- und Prüfungsleistungen für eine Anerkennung relevant. Leistungen sollen anerkannt werden, wenn kein wesentlicher Unterschied bezogen auf entsprechende Leistungen an der JGU bestehen. Studierende können eine Anerkennung ohne Notenübernahme von bis zu 15 Leistungspunkten im Masterstudiengang und höchstens 30 Leistungspunkten, unabhängig von der Art der Veranstaltung, im Bachelorstudiengang beantragen. Wird dieser Umfang überschritten, legen die Studierenden fest, bei welchen der überzähligen Leistungen die Noten übernommen werden. Sofern für ausländische Hochschulen geeignete ECTS-Einstufungstabellen vorliegen, erfolgt die Notenumrechnung an Hand dieser Tabellen bzw. der modifizierten Bayerischen Formel. Werden Noten in zu geringen Abstufungen vergeben, kann auch ein Vergleich der Notenspiegel herangezogen werden.

Für einen Erasmus- Austausch ist es notwendig und für andere Auslandsaufenthalte ist sehr zu empfehlen, dass Leistungen im Ausland vor Beginn des Aufenthalts mit den entsprechenden Beauftragten bzw. Studienfachberatern abgesprochen werden.

Note	Benotungsanteil	Kumulierte Häufigkeit
1,0	37,08%	37,08%
1,3	26,00%	63,08%
1,7	12,42%	75,50%
2,0	8,25%	83,75%
2,3	5,33%	89,08%
2,7	3,08%	92,17%
3,0	2,83%	95,00%
3,3	1,58%	96,58%
3,7	2,00%	98,58%
4,0	1,42%	100,00%

Einstufungstabelle für den MSc-Physik in Mainz (Notenspiegel ohne Masterarbeit, Stand März 2021). Die aktuellen Tabellen finden Sie unter dieser URL: <https://sl.uni-mainz.de/notenverteilungsskala/>

3.3 Hinweise zur Forschungsphase

Die Forschungsphase im Masterstudiengang Physik setzt sich aus den Modulen „Spezialisierung“ (3 Monate, unbenoteter Seminarvortrag, 15 LP), „Methodenkenntnis“ (3 Monate, benotet durch Vortrag oder Portfolio, 15 LP) und „Masterarbeit“ (6 Monate, 30 LP) zusammen. Diese drei Module werden als eine Einheit angesehen und müssen zusammenhängend innerhalb eines Jahres abgeschlossen werden.

1. Die Studierenden dürfen sich zur einjährigen Forschungsphase anmelden, sofern nur noch eine Veranstaltung bis zum Erreichen der geforderten 60 LP aussteht. Der Beginn der Masterarbeit ist dann 6 Monate nach Start der Forschungsphase, bis zu diesem Zeitpunkt müssen mindestens 60 der in §6 Abs. 2 genannten Leistungspunkte erworben sein.
2. Da das Modul „Spezialisierung“ ein Teil der Vorbereitung zur Masterarbeit ist, kann dieses Modul nicht parallel zur 6-monatigen Masterarbeit belegt werden. Ein Wechsel des Betreuers ist einmalig vor Beginn des Moduls „Methodenkenntnis“ möglich.

3. Die Meldung zur Forschungsphase geschieht im Studienbüro Physik mit dem entsprechenden Antrag (<http://www.studium.fb08.uni-mainz.de/downloadcenter-physik/>). Vom Studienbüro aus wird die Modulanmeldung in Jogustine durchgeführt.
4. Soll die Masterarbeit in einer nicht dem zuständigen Fachbereich angehörenden Einrichtung, zum Beispiel einer nicht mit der JGU verbundenen Forschungseinrichtung oder einem Wirtschaftsunternehmen angefertigt werden, bedarf es hierzu der Zustimmung der Vorsitzenden des Prüfungsausschusses (bitte formlosen Antrag im Studienbüro stellen).
5. Die Bearbeitungszeit kann von der Prüfungsvorsitzenden um maximal vier Wochen verlängert werden. Der Kandidat hat hierzu im Studienbüro einen formlosen, begründeten Antrag zu stellen, der vom Betreuer mit unterschrieben sein muss.
6. Die Eingabe der Noten der Module „Methodenkenntnis“ und „Spezialisierung“ erfolgt am Ende der einjährigen Arbeit durch das Studienbüro. Die Betreuer werden gebeten, dem Studienbüro zusätzlich zum Erstgutachten auch die separate Note des Moduls „Methodenkenntnis“ sowie das Bestehen des Moduls „Spezialisierung“ zu übermitteln.
7. Bei Nichtbestehen der Masterarbeit kann dieses Modul einmal wiederholt werden. Das neue Thema der Masterarbeit muss dabei in ausreichendem Zusammenhang mit den Themen der Spezialisierung und der Methodenkenntnis stehen.

3.3.1 Bewertungskriterien

Es gibt einige universelle Bewertungskriterien, allerdings sind kaum alle Kriterien gleichzeitig zu erfüllen. Am wichtigsten sind die Qualität der wissenschaftlichen Arbeit, der persönliche Einsatz und ein korrektes wissenschaftliches Verhalten. Je besser die erwünschte Note, desto mehr Kriterien, darunter vermehrt auch solche formeller Art, sollten eingehalten werden. Die folgenden Kriterien wurden im Fachbereich zusammengestellt:

1. Schriftliche Form
 - a) Mindeststandards: korrekte Rechtschreibung, Grammatik und Interpunktion, korrekte Zitiertechnik, qualitativ angemessene Quellen.
 - b) Herausragende Qualitätsmerkmale: besondere Stilsicherheit und Klarheit des Ausdrucks, besonderes Erscheinungsbild, z.B. durch aussagekräftige, durchdachte oder aufwändige Grafiken, aktuelle, über die Standardliteratur hinausgehende Quellen.
2. Logische Struktur der Arbeit
 - a) Mindeststandards: klare und ausgewogene Gliederung, Unterscheidung von Wichtigem und Unwichtigem, Einführung in alle für das Thema der Arbeit relevanten Sachverhalte und Begriffe.
 - b) Herausragende Qualitätsmerkmale: eigenständige, originelle und aktuelle Hinführung zum Thema, besonders gelungene Einordnung des Themas in den wissenschaftlichen Kontext, Darstellung von Wechselwirkungen mit anderen Forschungsgebieten oder Anwendungen, aussagekräftiger Ausblick.
3. Methoden und Techniken
 - a) Mindeststandards: Begründung und korrekte Anwendung der verwendeten Methoden und Techniken, nachvollziehbare Dokumentation der eigenen Arbeiten (Reproduzierbarkeit), korrekte Angabe von Hilfestellungen (z.B. durch Mitarbeiter der Arbeitsgruppe).

3 Wichtige Bemerkungen zur Modulliste

- b) Herausragende Qualitätsmerkmale: besonderer Schwierigkeitsgrad der Aufgaben/Techniken unter Berücksichtigung des Abschlusses, kritisches Hinterfragen der verwendeten Techniken und Methoden, besonders originelle und geschickte praktische Umsetzung, herausragende Eigenleistung und besonders persönlicher Einsatz.

4. Ergebnisse der Arbeit

- a) Mindeststandards: präzise und korrekte Beschreibung der selbst erzielten Ergebnisse, Herstellung einer klaren Verbindung zwischen Einzelleistungen und eines Bezugs zur Fragestellung bzw. zur Ausgangslage.
- b) Herausragende Qualitätsmerkmale: eigenständige Untersuchung von Aspekten, die über das eigentliche Thema hinausgehen, detaillierte Diskussion verbliebener offener Fragen, kritische Reflexion der Ergebnisse und aussagekräftiger Ausblick, Bedeutsamkeit des Ergebnisses für die Entwicklung des Fachgebiets bzw. direkte Anwendung des Ergebnisses, externe Präsentation der Ergebnisse auf Fachtagungen bzw. Publikation (in Vorbereitung).

3.4 Beispiele für Studienverlaufpläne

Die folgende Tabelle zeigen typische Studienverlaufpläne bei Studienbeginn sowohl im Winter- als auch im Sommersemester:

Fachsemester	Studienverlaufsplan						Σ
4	Masterarbeit Masterarbeit 29 LP Kolloquium 1 LP						30 LP
3	Spezialisierung 15 LP			Methodenkenntnis 15 LP			30 LP
2	Experimentalphysik 3V + 1Ü 6 LP	Experimentalphysik 3V + 1Ü 6 LP	Angewandte und Ingenieurwissenschaften 3V + 1Ü 6 LP	Theoretische Physik: Stat. 2V + 1Ü 4 LP	Fortgeschrittenes Praktikum Teil 2 (4P) 5 LP	Erweiterte Kompetenzen Fächerüb. 2-3 LP Veranstaltung (2S)	29 LP 22 SWS
1	Experimentalphysik 3V + 1Ü 6 LP	Angewandte und Ingenieurwissenschaften 2V + 2Ü 6 LP	Angewandte und Ingenieurwissenschaften 2V + 2Ü 6 LP	Theoretische Physik: EM 2V + 1Ü 4 LP	Fortgeschrittenes Praktikum Teil 1 (4P) 5 LP	Erweiterte Kompetenzen Seminar 1 4 LP (2HS)	31 LP 20 SWS
							120 LP

Fachsemester	Studienverlaufsplan						Σ
4	Masterarbeit Masterarbeit 29 LP Kolloquium 1 LP						30 LP
3	Spezialisierung 15 LP			Methodenkenntnis 15 LP			30 LP
2	Experimentalphysik 3V + 1Ü 6 LP	Industriepraktikum 3 Wochen 4 LP	Angewandte und Ingenieurwissenschaften 3V + 1Ü 6 LP	Theoretische Physik: Stat. 2V + 1Ü 4 LP	Fortgeschrittenes Praktikum Teil 2 (4P) 5 LP	Erweiterte Kompetenzen Seminar 2 4 LP (2HS)	29 LP 20 SWS
1	Experimentalphysik 3V + 1Ü 6 LP	Experimentalphysik 3V + 1Ü 6 LP	Angewandte und Ingenieurwissenschaften 2V + 2Ü 6 LP	Theoretische Physik: EM 2V + 1Ü 4 LP	Fortgeschrittenes Praktikum Teil 1 (4P) 5 LP	Erweiterte Kompetenzen Seminar 1 4 LP (2HS)	31 LP 20 SWS
							120 LP

4 Detaillierte Modulbeschreibungen mit Lehrveranstaltungen

4.1 Physik Module

Modul 738	Teilchenphysik <i>Particle Physics</i>					08.128.738
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Teilchenphysik“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Das Modul soll das Verständnis der fundamentalen Bausteine der Materie und ihrer Wechselwirkungen vertiefen. Grundlegenden Prinzipien werden u. A. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Das Modul soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Die folgenden Inhalte sollen u.a. vermittelt werden:						
<ul style="list-style-type: none"> • Abriss experimenteller Methoden, • Bedeutung von Symmetrien und das Quarkmodell, • Leptonenstreuung bei hohen Energien sowie • Teilchen und Wechselwirkungen im Standardmodell sowie Modelle zu dessen Vereinheitlichung und Ergänzung. Zu allen Themen werden grundlegende und aktuelle Experimente vorgestellt. Je nach Dozentin oder Dozent erfolgen Vertiefungen in den Bereichen „Erweiterungen des Standardmodells“ oder „Gebundene Systeme“.						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • C. Berger, Elementarteilchenphysik, Springer-Verlag, 2006. • D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley-VCH Verlag, 2008. • E. Lohrmann, Hochenergiephysik, Teubner-Verlag, 2005. • D. H. Perkins, High Energy Physics • B. Povh et al., Teilchen und Kerne weitere Literaturangaben werden zur Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“ des Bachelor-Studiengangs						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Jedes Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						

Modul 738	Teilchenphysik <i>Particle Physics</i>	08.128.738
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. M. Schott	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

Modul 737	Astroteilchenphysik <i>Astroparticle Physics</i>					08.128.737
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Astroteilchenphysik“ (WP)		2 (1)	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Das Modul bietet einen Überblick der Kosmologie und Astroteilchenphysik und deren aktueller Forschungsschwerpunkte. Es stellt die wesentlichen Kenntnisse bereit, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Die Kernthemen der Vorlesung sind: <ul style="list-style-type: none"> • Kosmologie und Entwicklung des Universums; • Dunkle Materie; • Kosmische Strahlung, Neutrinos, Gammastrahlung und Gravitationswellen. Unter dem Kapitel „Kosmologie und Entwicklung des Universums“ werden kosmologische Modelle und Parameter, kosmologische Distanzen und deren Messung, das Materie-/Antimaterie-Problem, die Bildung leichter Elemente, Hintergrundstrahlung, Strukturbildung, Entstehung, Klassifikation und Entwicklung von Galaxien, aktive galaktische Kerne und Galaxienhaufen sowie Entstehung, Energiebilanz, Entwicklung und Endstadien von Sternen und die damit verbundene Elemententstehung diskutiert. Unter dem Kapitel „Dunkle Materie“ werden die Evidenz, mögliche Kandidaten, und direkte und indirekte Suchen behandelt. Stichwörter zum dritten Kernthema sind: Quellen, Zusammensetzung, Propagation und Nachweis geladener kosmischer Strahlung, Quellen und Nachweis punktförmiger und diffuser Gamma-Strahlung, Bestimmung von Neutrino-Eigenschaften (Oszillationen, direkte Massenbestimmung, neutrinoloser Beta-Zerfall), Quellen und Nachweis kosmischer und terrestrischer Neutrinos, Theorie und Quellen von Gravitationswellen und indirekte und direkte Nachweisverfahren.						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • A. Liddle, Einführung in die moderne Kosmologie • P. Schneider, Extragalaktische Astronomie und Kosmologie • C. Grupen, Astroteilchenphysik • D. Perkins, Particle Astrophysics 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls				Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“ des Bachelor-Studiengangs		
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)				Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch		

Modul 737	Astroteilchenphysik <i>Astroparticle Physics</i>	08.128.737
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester	
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen		
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. U. Oberlack	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

Modul 731	Teilchendetektoren <i>Particle Detectors</i>					08.128.731
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	P / WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Teilchendetektoren“ (WP)		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Das Modul gibt eine Übersicht in die Nachweis-, Auslese- bzw. Auswertemethoden der Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik. Ziel ist die Schaffung eines soliden Grundwissens um die experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet der Physik erfolgreich durchführen zu können. In den Vorlesungen spielen fachübergreifende Aspekte (z.B. aus Festkörperphysik, Elektronik, Mathematik und Informatik) eine wichtige Rolle; entsprechend ist das Modul auch für Studierende mit anderen Schwerpunktsetzungen geeignet.						
Inhalte						
Strahlungsquellen und Beschleuniger; Nachweismechanismen für geladene und neutrale Strahlung; Datenerfassung; Detektoren zum Teilchennachweis; Zeitmessung; Energie- und Impulsbestimmung; Teilchenidentifikation; Anwendungen.						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • K. Kleinknecht, Detektoren für Teilchenstrahlung 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Jedes Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
Prof. Dr. M. Schott						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen						
M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik						
Sonstiges						
Sprache: Englisch						

Modul AdvCM	Fortgeschrittene Festkörperphysik <i>Advanced Solid State Physics</i>					08.128.22075
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 = 180					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Fortgeschrittene Festkörperphysik“		2 (1)			138 h	6 LP
Vorlesung	V		P	3		
Übungen	Ü			1		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
<p>Nach dem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage:</p> <p>(a) die experimentellen Daten, die mit verschiedenen thermodynamischen, transport- und spektroskopischen Methoden gewonnen wurden, zu verstehen und zu interpretieren, und</p> <p>(b) die elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften verschiedener Materialklassen (Metalle, Halbleiter, Isolatoren, sowie Systeme mit makroskopischen Ordnungen, wie z.B. (Anti-)Ferromagnete, Supraleiter, Multiferroika usw.) zu beschreiben.</p> <p>Darüber hinaus werden die Studierenden mit den grundlegenden klassischen und quantenmechanischen Modellen der Festkörperphysik vertraut gemacht. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen die Grundlage für das Verständnis der funktionalen Eigenschaften der Materialien bilden, wie sie in der Alltagselektronik, der Spintronik und in zukünftigen Quantentechnologien zum Einsatz kommen.</p>						
Inhalte						
<ul style="list-style-type: none"> • Festkörperphysik in the Nutschell (elektronische Bandstruktur, Phononendispersion, Eigenschaften von Metallen/Halbleitern/Isolatoren) • Dielektrische Eigenschaften (Elektrodynamik, Lindhard-Antwortfunktion, optische Leitfähigkeit, Kramers-Kronig-Beziehungen, optische Übergänge und Anregungen, Spektroskopie) • Dielektrika/Ferroelektrika (Polarisierbarkeit, displazive Phasenübergänge, Ginzburg-Landau-Theorie) • Supraleitung (grundlegende Eigenschaften, Ginzburg-Landau-Theorie der Supraleitung, Abrikosov-Gitter, mikroskopische BCS-Theorie, Josephson-Effekt + SQUID, unkonventionelle Supraleitung) • Dichtewellensysteme (Ladungs-/Spin-Dichtewellen und ihre kollektiven Moden) • Magnetismus (Anti-/Ferromagnetismus) • Topologische Quantenmaterie (Berry-Phase, topologische Phasen, Skyrmionen, Quantenspinflüssigkeiten) • Nichtgleichgewichtsphänomene (kollektive Modendynamik, getriebene Phasenübergänge) 						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • Ashcroft, Mermin: Solid State physics; • Gross, Marx: Festkörperphysik; • Dressel, Grüner: Electrodynamics of Solids; • selected scientific publications and reviews 						
Zugangsvoraussetzungen	Experimentalphysik 1-3, Physik der Kondensierten Materie (Ex-C)					
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					

Modul AdvCM	Fortgeschrittene Festkörperphysik <i>Advanced Solid State Physics</i>	08.128.22075
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester	
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen		
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. J. Demsar	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik, MSc Physik	
Sonstiges		

Modul 735	„Beschleunigerphysik“ „Accelerator Physics“					08.128.735
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Beschleunigerphysik“ (WP)		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Lernziel ist es, Aufbau, Dimensionierung und Funktion moderner Teilchenbeschleuniger und Strahlungsquellen anhand der zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien zu verstehen. Weiter erlernen die Studenten/innen Kenntnisse der zur Auslegung notwendigen analytischen und numerischen Methoden. Diese Kenntnisse geben den Studenten/innen das notwendige Rüstzeug um eine Masterarbeit im Bereich der Beschleuniger- und Strahlungsphysik - z.B. im Rahmen der Weiterentwicklung des Mainzer Mikrotrons - erfolgreich durchzuführen.						
Inhalte						
Lineare und nichtlineare Strahldynamik, Rezirkulierende und lineare Beschleunigersysteme mit supraleitenden oder normal leitenden Magneten und Radiofrequenz-Systemen (mit Grundlagen der Supraleitung), Einführung in Kollektive Effekte, Kollider, Synchrotronstrahlung und Freie-Elektronen Laser. Aktuelle Entwicklungen, z.B. ERL's.						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • H. Wiedemann, Particle Accelerator Physics Bd. 1&2 • B. Wille, Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Jedes Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
Prof. Dr. K. Aulenbacher						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen						
M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik						
Sonstiges						
Sprache: Englisch						

Modul 806	„Vertiefende Kapitel der Teilchenphysik“ „Advanced Particle Physics“					08.128.806
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Titel“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
In diesem Modul sollen spezielle Aspekte der fundamentalen Bausteine der Materie und ihrer Wechselwirkungen vertieft werden. Anhand aktueller Forschungsschwerpunkte werden neueste experimentelle Methoden und Ergebnisse vorgestellt und die Einordnung in die theoretischen Strukturen diskutiert. Das Modul soll weiterführende Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Leptonenstreuung bei hohen Energien; Starke Wechselwirkung; Elektroschwache Wechselwirkung, Modelle zur Vereinheitlichung und Ergänzung des Standardmodells. Die Vorlesung wird sich zumeist auf einen der obigen Themenkreise fokussieren.						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • C. Berger, <i>Elementarteilchenphysik</i> • D. Griffiths, <i>Introduction to Elementary Particles</i> Weitere Literaturangaben (insbesondere auch aktuelle Publikationen zu den Schwerpunktsthemen) werden zu Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls				Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“ des Bachelor-Studiengangs. Hilfreich, aber nicht vorausgesetzt sind die Kenntnisse der Spezialvorlesung „Elementarteilchenphysik“ des B.Sc. Physik		
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)				Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch		
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote				6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)		
Häufigkeit des Angebots				unregelmäßig		
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter				Prof. Dr. M. Schott		
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen				M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik		
Sonstiges				Sprache: Englisch		

Modul 807	„Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“ <i>„Advanced Chapters on Subatomic Physics“</i>					08.128.807
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Das Modul soll ein vertieftes Verständnis für forschungsnahen Gebiete der Hadronenphysik ermöglichen. Grundlegenden Prinzipien werden u. a. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Das Modul soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Aktuelle experimentelle Verfahren, elektromagnetische und hadronische Sonden, Polarisationsexperimente; Resonanzen, Zerfälle, Formfaktoren und Strukturfunktionen der Hadronen; effektive Theorien; Spektroskopie, Symmetrie und Struktur von Hadronen, Einfluss der Hadronenphysik auf Präzisionstests des Standardmodells. Zu allen Themen werden grundlegende Experimente vorgestellt.						
Literatur						
Diverse Lehrbücher, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> • B. Povh et al., Teilchen und Kerne • D. H. Perkins, High Energy Physics • W. Thomas und W. Weise, The Structure of the Nucleon 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5 „Kern- und Teilchenphysik“ des Bachelor-Studiengangs					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. A. Denig					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					

Modul 808	„Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“ <i>„Advanced Astroparticle- and Astrophysics“</i>					08.128.808
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Das Modul sollen ein vertieftes Verständnis für forschungsnaher Gebiete der Astroteilchenphysik oder der Nuklearen Astrophysik bereitstellen. Grundlegende Prinzipien werden u. A. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Das Modul soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Je nach Dozentin oder Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf nukleare oder teilchenphysikalische Aspekte der folgenden Themen:						
<ul style="list-style-type: none"> • Kosmologie (frühes Universum, Nukleosynthese, dunkle Komponenten), • Sterne (Entstehung, Energieerzeugung und Entwicklungsstadien) oder • Kosmische Strahlung (Herkunft und Beschleunigung). 						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • C. Grupen, <i>Astroteilchenphysik</i> • E. Rolfs und W. Rodney, <i>Cauldrons in the Cosmos</i> 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“ des Bachelor-Studiengangs.					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. U. Oberlack					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					

Modul 722	Materialwissenschaften <i>Materials Science</i>					08.128.722
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Materialwissenschaften“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Den Studierenden sollen die physikalischen Grundlagen der Materialforschung nahe gebracht werden, die zu einem Verständnis der Eigenschaften neuartiger Materialien führen, insbesondere auf Nanometer- und atomarer Skala. Das Spektrum geeigneter Themen umfasst z.B. Struktur und Eigenschaften von funktionellen Materialien, Nanomaterialien, Flüssigkeiten und weiche Materialien, Gläser, funktionalisierte Oberflächen, Phasenübergänge, Grundlagen und Konzepte neuer Materialien für die Anwendung sowie moderne Methoden der Materialforschung, An einem oder an mehreren speziellen Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, um auf diesem oder einem verwandten Gebiet der Physik eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Je nach Dozentin oder Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf die Themen moderne Methoden der Materialforschung, Struktur und Eigenschaften von funktionellen Materialien, Nanomaterialien, Flüssigkeiten und weiche Materialien, Gläser, funktionalisierte Oberflächen, Phasenumwandlungen, Grundlagen und Konzepte neuer Materialien für Anwendungen in den Bereichen: Information, Sensorik, Energie und Biologie/Medizin.						
Literatur						
Speziellere Lehrbücher der Materialwissenschaft und der kondensierten Materie, Lehrbücher zu speziellen Materialien, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe Veröffentlichungen						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs.					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					

Modul 721	Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie <i>Modern Experimental Methods in Condensed Matter Physics</i>					08.128.721
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie“ (WP)		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Den Studierenden sollen mittels einer Auswahl wichtiger experimenteller Techniken zur Untersuchung kondensierter Materie die physikalischen Grundlagen und speziellen Aspekte moderner Methoden der Materialforschung nahe gebracht werden. Hierzu können spektroskopische Methoden, Streumethoden, moderne Mikroskopieverfahren, Rastersondentechniken aber auch anwendungsnahe Materialanalyse gehören, genauso wie Probenpräparationstechniken und Herstellungsverfahren. An einem oder an mehreren dieser Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, um auf einem verwandten Gebiet der Physik eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Je nach Dozentin oder Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf die Themen spektroskopische Methoden, Streumethoden, moderne Mikroskopieverfahren, Rastersondentechniken, anwendungsnahe Materialanalyse, Probenpräparationstechniken, Herstellungsverfahren.						
Literatur						
Speziellere Lehrbücher der Materialwissenschaft und der kondensierten Materie, Lehrbücher zu speziellen Verfahren, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe Veröffentlichungen						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs.					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					

Modul 7013	Supraleitung Superconductivity					08.128.7013
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Superconductivity“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Den Studierenden sollen die physikalischen Grundlagen der Supraleitung nahe gebracht werden, insbesondere soll ein Verständnis erzielt werden, wie die unabhängigen einzelnen Elektronen im Festkörper zu einem makroskopischen Quantenzustand kondensieren, welche Symmetrie des Ordnungsparameters damit verknüpft ist, und wie dieser bestimmt wird. Die Studierenden sollen die Transporteigenschaften des supraleitenden Grundzustandes verstehen im Hinblick auf die Möglichkeiten des dissipationsfreien Transportes und die Realisierung supraleitender Quantenphänomene in Form ultrasensitiver Sensoren oder Qubits. An einem oder an mehreren speziellen Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Elektronen in Festkörpern, BCS-Theorie zur Cooper Paar Bildung und Kondensation in den Grundzustand, Phasenübergang und Transporteigenschaften in Ginzburg-Landau Theorie, Typ I und Typ II Supraleiter, der Josephson Effekt und seine Anwendungen in ultrasensitiven Sensoren und als Spannungsnormale, kritische Ströme in Supraleitern, supraleitende Magnete, supraleitende Qubits, Hochtemperatursupraleitung, Transport in zweidimensionalen Systemen, verwandte Quanteneffekte wie Quanten Hall Effekt.						
Literatur						
Speziellere Lehrbücher der kondensierten Materie, Lehrbücher zur Supraleitung, Tinkham: Introduction to Superconductivity; Kleiner+Buckel: Superconductivity, spezielle Materialien, Sommerschulprogramme, forschungsnaher Veröffentlichungen						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs.					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	In der Regel jährlich					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. G. Jakob, Prof. Dr. M. Jourdan					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					

Modul AdvMat	„Einführung fortschrittliche Materialien - von weicher zu fester Materie“ „Introduction to Advanced Materials - from soft matter to hard matter“					08.128.7012
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Introduction to Advanced Materials - from soft matter to hard matter“ (WP)		1 (2)	P			
Vorlesung	V			3 SWS		
Übung	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Den Studierenden sollen die Grundlagen der Physik und Chemie harter und weicher Materie nahe gebracht werden. Insbesondere soll ein Verständnis darüber erzielt werden, wie die Größe, die nanoskopische Anordnung sowie die Wechselwirkungsenergie der atomaren, molekularen und makromolekularen bzw. kolloidalen Bausteine die Materialeigenschaften bestimmt. Als universelle Analysemethode wird Streuung eingeführt, was sich sowohl zur Untersuchung von harter, als auch von weicher Materie eignet. Für die weiche Materie erfolgt überdies eine Einführung in die Rheologie. An einem oder an mehreren speziellen Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in Kristallstrukturen, Gitterschwingungen und Gitterdefekte • Einführung in weiche Materie inklusive Polymere • Einführung in Streuung mit Photonen, Neutronen und Elektronen zur Untersuchung von Kristallen, Polymeren und magnetischen Systemen • Einführung in die Rheologie von Polymeren • Einführung in den Magnetismus 						
Literatur						
C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik, R. Gross: Festkörperphysik, R. A. J. Jones: Soft Condensed Matter, M. Rubinstein & R. H. Colby: Polymer Physics; S. Blundell: Magnetism in Condensed Matter						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls				Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs.		
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)				Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch		
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote				6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)		
Häufigkeit des Angebots				Jedes Wintersemester		
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter				Prof. Dr. M. Kläui		

Modul AdvMat	„Einführung fortschrittliche Materialien - von weicher zu fester Materie“ „<i>Introduction to Advanced Materials - from soft matter to hard matter</i>“	08.128.7012
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

Modul 7014	Quanten-Spintronik <i>Quantum Spintronics</i>					08.128.7014
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Quantum Spintronics“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Den Studierenden sollen die physikalischen Grundlagen des Magnetismus von klassischen makroskopischen Beschreibungen bis zum quantenmechanischen Einzelspin nahe gebracht werden. Insbesondere soll ein Verständnis erzielt werden, wie einzelne Elektronen im Festkörper durch die Austauschkopplung zu einer makroskopischen Magnetisierung führen. Die Dynamik von Spins wird klassisch als auch quantenmechanisch besprochen und Methoden zur Messung werden erklärt. Auf der Anwendungsseite wird energiesparende Magnetoelektronik für Speicher, Sensorik und Logik eingeführt und Spin-basierte Qubits werden erklärt. Studenten werden die Konzepte von emergenten Phänomenen und den Übergang von klassischen und quantenmechanischen Effekten im Beispiel des Spin verstehen und das Anwendungspotential abschätzen können. An einem oder an mehreren speziellen Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Einzel-Spins und resultierende magnetische Momente, Spin Ensembles und thermodynamische Effekte, Kopplung von Spins, Spindynamik, Mikromagnetismus, Spin Torque Effekte, Spin Transport und Magnetowiderstandseffekte, Realisierung von QuBits mit Spins, Messmethoden für Spins, Anwendungen von Spin.						
Literatur						
Speziellere Lehrbücher der kondensierten Materie, Lehrbücher zu Magnetismus, S. Blundell: Magnetism in Condensed Matter, J. M. D. Coey: Magnetism and Magnetic Materials, J. Stöhr & H. c. Siegmann: Magnetism – from fundamentals to nanoscale dynamics, speziellen Materialien, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe Veröffentlichungen						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs.					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	In der Regel jährlich					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. M. Kläui					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					

Modul 7010	Weiche Materie an Oberflächen <i>Soft Materials at Interfaces</i>					08.128.7010
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Soft Materials at Interfaces“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
<p>Der Kurs führt in die physikalischen Prinzipien ein, die der Struktur und Dynamik von weicher Materie in der Nähe von festen, flüssigen und gasförmigen Oberflächen zugrunde liegen. Grenzflächen weicher Materie sind allgegenwärtig in der Natur und in der Technologie, Beispiele sind OLED Anzeigen an Mobiltelefonen, Seifenblasen, und viele biologische Materialien.</p> <p>Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Beschreibung der Verbindungen zwischen intermolekularen Kräften, der Struktur auf molekularen Skalen, und den physikalischen Materialeigenschaften. Weiterhin führt der Kurs in experimentelle Techniken zur Untersuchung der Grenzflächen auf den relevanten Zeit- und Längenskalen. Hier werden insbesondere Streumethoden und Rastersondenmikroskopie behandelt, die komplementäre Informationen im Real und Fourierraum liefern.</p> <p>Der Kurs wird die Studierenden in die Lage versetzen, viele physikalischen Phänomene in unserem Umfeld zu verstehen, und ihnen grundlegendes Wissen darüber vermitteln, wie die Eigenschaften moderner weicher Materialien für spezifische Anwendungen optimiert werden können. Anhand von Beispielen soll dieses Verständnis vertieft werden und Brücken zu anderen Bereichen der Physik geschlagen werden.</p>						
Inhalte						
<p>Die konkreten Inhalte können je nach Dozent leicht variieren. Typische Themen sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamik von Grenzflächen • Oberflächenspannung • Selbstorganisation dünner Filme in weicher Materie • Geladene fest/flüssig Grenzflächen und die Helmholtzsche Doppelschicht • Grenzflächenkräfte und kolloidale Stabilität • Grenzflächen-induzierte Phasenübergänge • Adsorption und Benetzung • Oberflächenaktive Substanzen und Emulsionen • Grenzflächen-induziertes Erstarren und Oberflächen-Schmelzen • Flüssigkeiten in nanoporösen Materialien • Röntgenstreuung und Spektroskopie • Rastersonden-Techniken und Kraftmessungen 						

Modul 7010	Weiche Materie an Oberflächen <i>Soft Materials at Interfaces</i>	08.128.7010
Literatur		
<ul style="list-style-type: none"> • Metin Tolan, "X-Ray Scattering from Soft-Matter Thin Films", Springer (1999). • Jens Als-Nielsen, Des McMorrow, "Elements of Modern X-ray Physics", 2nd Edition, Wiley (2011). • Peter S. Pershan, Mark Schlossman, "Liquid Surfaces and Interfaces : Synchrotron X-ray Methods", Cambridge University Press (2012). • Hans-Jürgen Butt, Karlheinz Graf, Michael Kappl, "Physics and Chemistry of Interfaces", 3rd Edition, Wiley (2013). 		
Zugangsvoraussetzungen		
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls		
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch	
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)	
Häufigkeit des Angebots	Einmal im Jahr	
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen		
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. Hans-Jürgen Butt, Prof. Dr. Thomas Palberg, Prof. Dr. F. Schmid	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

Modul 752	Nicht-Gleichgewichtsphänomenen in Quantenmaterie <i>Nonequilibrium phenomena in quantum matter</i>					08.128.752
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Nonequilibrium phenomena in quantum matter“ (WP)		1 o. 2	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
<p>Das Modul befasst sich mit Nicht-Gleichgewichtsphänomenen in Festkörpern, mit Fokus auf Systeme mit makroskopischen Quantengrundzuständen wie Supraleitung, Ladungs-/Spin-dichtewellen, Ferro- und Antiferromagnetismus. Diese Zustände können, mit dem sogenannten "Pump-ProbeAnsatz, durch optische Impulse im Femtosekundenbereich untersucht und manipuliert werden. Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Femtosekunden-Laser-Technologie und Spektroskopischen Methoden in den letzten zwei Jahrzehnten haben Untersuchungen des Femtosekunden-Umschaltens der Magnetisierung, Beobachtungen von Higgs-Moden in Supraleitern sowie Licht-induzierte Verstärkung der Supraleitung ermöglicht.</p> <p>Nach der Einführung des allgemeinen Prinzips der "Pump-ProbeSpektroskopie werden mehrere Fallstudien diskutiert. Hier werden verschiedene experimentelle Techniken (THz-Spektroskopie, ultraschnelle Elektronenbeugung, zeitaufgelöste Fotoemission usw.) angewendet, um einen der oben genannten makroskopischen Quantenzustände zu untersuchen. Auf diese Weise werden die Grundlagen der nichtlinearen Optik, die neuartige laserbasierte Techniken (die sowohl im Labor als auch in Großforschungs-Einrichtungen im Einsatz sind) ermöglicht und verschiedene Materialklassen mit faszinierenden Funktionseigenschaften behandelt.</p> <p>Das Modul soll einen breiten Überblick über Techniken und Nichtgleichgewichtsphänomene in korrelierten Festkörpern geben und somit eine solide Grundlage für Masterarbeiten in mehreren Bereichen der Festkörperphysik darstellen.</p>						
Inhalte						
Grundlagen der nichtlinearen Optik & Ultraschnelle Laser; Prinzipien der Femtosekunden-Echtzeitspektroskopie und Modulationstechniken; Femtosekunden-Thermo-Modulation in Metallen; THz-Erzeugung und THz-Zeitbereichsspektroskopie; Grundlagen der Supraleitung; Elektrodynamik der Systeme mit gebrochener Symmetrie; Dynamik der supraleitenden Energielücke; Mikrowellen-induzierte Verstärkung der Supraleitung; Kollektive (Higgs) Moden in Supraleitern; Grundlagen der Ladungs- und Spin-dichtewellen; Zeitaufgelöste Photoelektronen Spektroskopie; Femtosekunden-Röntgen- und Elektronenbeugung; Magnetisierungsdynamik und optisch-induziertes Schalten der Magnetisierung.						
Literatur						
B.E.A. Saleh, M.C. Teich: Fundamentals of Photonics, Wiley, 1991; Kittel: Introduction to Solid State physics; M. Dressel and G. Grüner: Electrodynamics of Solids; S. Blundell: "Magnetism in Condensed Matter"; Oxford Master Series in Physics; M. Tinkham: Introduction to Superconductivity; G. Grüner: Density waves in solids; spezielle Übersichtsartikel, Forschungsnahe Veröffentlichungen						
Zugangsvoraussetzungen						

Modul 752	Nicht-Gleichgewichtsphänomenen in Quantenmaterie <i>Nonequilibrium phenomena in quantum matter</i>	08.128.752
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs.	
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch	
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)	
Häufigkeit des Angebots	Normalerweise jedes dritte Semester.	
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen		
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. J. Demsar	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

Modul Q-Ex-1	Quantenoptik <i>Quantum Optics</i>					08.128.729
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Quantenoptik“ (WP), häufig gemeinsame, integrierte Theorie-Experimentphysik Veranstaltung		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden sollen in die Grundlagen der quantisierten Beschreibung des Lichtfeldes eingeführt werden. Neben der Behandlung der benötigten theoretischen Werkzeuge soll anhand von ausgewählten Experimenten gezeigt werden, wie sich quantenoptische Effekte nachweisen lassen.						
Inhalte						
Grundlegende Einführungsveranstaltung zur experimentellen Quantenoptik. Interdisziplinärer, integrierter Kurs häufig gemeinsam abgehalten von Vertretern der Experimentalphysik und der Quantentheorie. Inhalt:						
<ul style="list-style-type: none"> • Quantisierung des elektromagnetischen Feldes, Feldzustände des Lichtes • Korrelationen im Lichtfeld und Photonenstatistik • quantisierte Atom-Licht-Wechselwirkung, Jaynes-Cummings-Modell, • „dressed states“ 						
Mögliche weitere Schwerpunktsetzungen:						
<ul style="list-style-type: none"> • Photonendetektoren • Experimente mit Einzelphotonenquellen und verschränkten Photonen • Bellsche Ungleichungen, quantenmechanische Korrelationen verschränkter Photonenpaare • Experimente zur Hohlraum-Quantenelektrodynamik 						
Literatur						
Lehrbücher zur Quantenoptik bzw. zur Atom-Licht-Wechselwirkung, z.B.						
<ul style="list-style-type: none"> • Introductory quantum optics, Gerry & Knight • The Quantum theory of light, Loudon • Quantum optics, Scully & Zubairy • Quantum optics, Walls & Milburn • Atom photon interactions, Cohen-Tannoudji, Dupont-Roc & Grynberg 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls				Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik „Quantenmechanik“ des Bachelor-Studiengangs.		

Modul Q-Ex-1	Quantenoptik <i>Quantum Optics</i>	08.128.729
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch	
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ Σ L.P. (siehe §17, Abs. 5 PO)	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester	
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen		
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. J. Walz	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

Modul Q-Ex-2	Photonik <i>Photonics</i>					08.128.803
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Photonik“ (WP)		2 (1)	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden sollen mit der modernen Beschreibung der Propagation von Licht und der Wechselwirkung mit Materie vertraut gemacht werden. Sie sollen ein tiefgehendes Verständnis von Laserspektroskopie - basierend auf inkohärenter bzw. kohärenter Licht-Materie Wechselwirkung und hochstabilen Lasern. Die Studierenden sollen zudem eine Einführung in die Grundlagen des Lasers und die Grundlagen der nicht-linearen Optik erhalten.						
Inhalte						
Grundlegendes aus der experimentellen Quantenphysik. Mögliche Themen: <ul style="list-style-type: none"> • Gauß'sche Optik und Resonatoren • Zusammenspiel der klassischen, semi-klassischen und quanten-mechanischen Beschreibung der Licht-Materie Wechselwirkung • kohärentes Licht und Laser • Lasermodulatoren, optische Fasern • kurze Pulse und Frequenzkämme • inkohärente Spektroskopietechniken (Absorption, Fluoreszenz, Doppler-frei, Frequenzmodulation) • Vergleich mit kohärenten Techniken (Rabi, Ramsey, Spin-Echo) • nicht-lineare Medien, Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, $\chi^{(2)}$ vs. $\chi^{(3)}$ Prozesse • Laserkühlung 						
Literatur						
Lehrbücher in Photonik z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Laser Spectroscopy, W. Demtröder • Optics, Light and Lasers, D. Meschede • Lasers, A.E. Siegman • Fundamentals of Photonics, B. E. A. Saleh und M.C. Teich • aktuelle Veröffentlichungen 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls				Experimentalphysik 3 „Wellen- und Quantenphysik“, Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik „Quantenmechanik“ des Bachelor-Studiengangs.		

Modul Q-Ex-2	Photonik <i>Photonics</i>	08.128.803
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch	
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ Σ L.P (siehe §17, Abs. 5 PO)	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester	
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen		
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. K. Wendt, Prof. Dr. J. Walz	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

Modul Q-Ex-3	Quanteninformation <i>Quantum Information</i>					08.128.804
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übungen „Quanteninformation“ (WP), häufig gemeinsame, integrierte Theorie-Experimentphysik Veranstaltung		2 (1)	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Aufbauend auf Wissen aus der Quantenmechanik sowie aus der Atom- und Quantenphysik sollen mit den Studierenden die grundlegenden theoretischen Konzepte der Quanteninformation und des Quantenrechnens erarbeitet werden. Auf der experimentellen Seite soll den Studierenden die Anwendung und Umsetzung dieser Konzepte im Rahmen der Quantenoptik anhand von experimentellen Plattformen nahe gebracht werden.						
Inhalte						
Weiterführende Veranstaltung im Bereich der Quantenoptik, Atomphysik und deren speziellen Anwendung in der Quanteninformation. Der Kurs ist separat belegbar, Konzepte aus Quantenoptik und Vielteilchenphysik werden angewendet. Interdisziplinärer, integrierter Kurs, häufig gemeinsam abgehalten von Vertretern der Experimentalphysik und der Quantentheorie. Inhalt:						
<ul style="list-style-type: none"> • Speicherung und Verarbeitung von Quanteninformation in unterschiedlichen physikalischen Systemen • Quantencomputing und Quantenkommunikation • Verschränkte Zustände, Quantensprünge, Quanten-Zeno-Effekt • Dekohärenz, makroskopische Überlagerungszustände (Schrödinger-Katzen) 						
Mögliche weitere Schwerpunktsetzungen:						
<ul style="list-style-type: none"> • Quanten-Gatter und – Algorithmen • Kryptographie, Teleportation, Quantenrepeater, • Quanten-Fehlerkorrektur, fehlertolerantes Quantenrechnen • Quantensimulation • Systeme: Ionenfallen-Quantencomputer (Paul-Fallen), Hohlraum-Quantenelektrodynamik, linear-optische Quantencomputer, Neutralatome in optischen Gittern, Festkörper und supraleitende Quantenprozessoren 						
Literatur						
Lehrbücher zur Quantenoptik und zur Quanteninformation, z.B.						
<ul style="list-style-type: none"> • Introductory quantum optics, Gerry & Knight • Quantum Computation and Quantum Information, Nielsen & Chuang • Introduction to Quantum Computation and Quantum Information, Lo, Popescu & Spiller • The Physics of Quantum Information, Bouwmeester, Ekert & Zeilinger • Exploring the Quantum - Atoms, Cavities and Photons, Haroche & Raimond 						

Modul Q-Ex-3	Quanteninformation <i>Quantum Information</i>	08.128.804
Zugangsvoraussetzungen		
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik „Quantenmechanik“ des Bachelor-Studiengangs.	
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch	
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester	
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen		
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. F. Schmidt-Kaler	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

Modul Q-Ex-4	Fundamentale Präzisionsmessungen <i>Precision fundamental physics</i>					08.128.805
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Fundamentale Präzisionsmessungen“ (WP)		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung (WP)	V			3 SWS		
Übung (WP)	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Hochgenaue Messungen haben einen Stand erreicht, bei dem grundlegende Fragen der Physik und der Kosmologie ins Blickfeld kommen. Dazu zählen beispielsweise Symmetrien der Physik, Präzisionsmessungen im Neutronenzerfall, Tests der schwachen Wechselwirkung und der CPT-Invarianz, Präzisionsmessungen von fundamentalen Konstanten und moderne Experimente zur Gravitationsphysik. Die Studierenden sollen an Probleme moderner Atom-, Quanten- und Neutronenphysik sowie Kosmologie herangeführt werden und sich mit diesen forschungsnahen Themen intensiv befassen.						
Inhalte						
Diskrete Symmetrien und fundamentale Wechselwirkungen						
<ul style="list-style-type: none"> • Tests der QED und der CP Verletzung, CPT-Invarianz, Zeitumkehrinvarianz, • schwache ww, Materie/Antimaterie-Asymmetrie, EDM • Variation fundamentaler Konstanten • Test des Äquivalenzprinzips, Überprüfung des Newtonschen Gravitationsgesetzes bei kleinen Abständen. 						
Methoden						
<ul style="list-style-type: none"> • Atome, Neutronen, Protonen, Antimaterie, Penningfalle, Massenspektrometrische Verfahren 						
Neutronenphysik						
<ul style="list-style-type: none"> • Neutron als Probe - Aufklärung der Struktur von Materie, Eigenschaften des Neutrons und Messung, Wechselwirkung mit Materie, Neutronenquellen, Detektoren, Quanteneffekte in der Neutronenoptik 						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • Lehrbücher der Atomphysik • Sommerschulprogramme • forschungsnaher Veröffentlichungen 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Jedes Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
Prof. Dr. J. Walz						

Modul Q-Ex-4	Fundamentale Präzisionsmessungen <i>Precision fundamental physics</i>	08.128.805
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges	Sprache: Englisch	

4.2 Ingenieurwissenschaften und Angewandte Module

Modul 730	Statistik, Datenanalyse und Simulation <i>Statistics, Data Analysis and Simulation</i>					08.128.730
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	P / WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Statistik, Datenanalyse und Simulation“ (WP)		2 (1)	P		138 h	6 LP
Vorlesung	V			3 SWS		
Übung	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Das Modul vermittelt eine Übersicht der statistischen Methoden zur Analyse von Daten und bietet eine Einführung in die Technik der Monte Carlo-Simulation. Obwohl die Methodik häufig anhand von Beispielen aus der Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik erläutert wird, empfehlen wir das Modul auch für Studierende, die andere Schwerpunkte setzen. Das Ziel ist die Schaffung eines soliden Grundwissens um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet der Physik erfolgreich durchführen zu können.						
Inhalte						
Die folgenden Inhalte sollen u.a. vermittelt werden:						
<ul style="list-style-type: none"> • Wahrscheinlichkeitsverteilungen und die statistische Beschreibung von Daten; • Fehlerrechnung und Schätzung von Parametern; • Signifikanzniveaus und Hypothesenentscheidungen; • Monte Carlo-Verfahren; sowie • statistische Analysemethoden 						
Literatur						
<ul style="list-style-type: none"> • R.J. Barlow, Statistics • Glen Cowan, Statistical data analysis • Olaf Behnke, Data analysis in high energy physics 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. M. Schott					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik, M.Sc. Physik					
Sonstiges						

Modul FPGA	FPGA Programmierung <i>FPGA Programming</i>					08.079.20590
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung	V	2 (1)	P	3	138	6 LP
Übungen	Ü			1		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (20 Min.)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Teilnehmer sollen am Ende des Kurses in der Lage sein, unter Benutzung der entsprechenden Werkzeuge eine eigene Schaltung (z.B. eine einfache CPU) in einem FPGA umzusetzen und die von den Werkzeugen eingesetzten Techniken und Algorithmen zu verstehen.						
Inhalte						
Funktionen und Anwendungen von programmierbaren Logikbausteinen (FPGAs) werden besprochen. Der Entwurf, die Synthese und die Simulation von digitalen Schaltungen in einer Hardwarebeschreibungssprache (z.B. VHDL) werden sowohl in der Vorlesung als auch in der praktischen Übung mit FPGAs behandelt. Im einzelnen sind folgende Themen vorgesehen.						
<ul style="list-style-type: none"> • CMOS, Gatter, kombinatorische Logik • Register, Takt, Pipelines • Simulation und Synthese • Place and Route • Schnelle Schaltungen • VHDL Design Patterns • Synchronisation • Speicher und vordefinierte Logikblöcke (IP) • Busse und andere Interfaces 						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse im Bereich der Programmierung					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. Berger (Physik)					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges						

Modul TechV	Technik des Vakuums und der tiefen Temperaturen <i>Techniques of vacuum and low temperatures</i>					08.128.22130
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung	V	1 (2)	P	3	138	6 LP
Übungen	Ü			1		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
In Technik und Grundlagenforschung geht es um die Einhaltung geeigneter experimenteller Bedingungen, insbesondere was die Einhaltung geeigneter Temperatur- Vakuumbedingungen angeht. Selbstständige Arbeit bzw. Forschung erfordert ein Verständnis der physikalischen Grundlagen, in diesem Falle von kinetischer Gastheorie und (weitgehend) klassischer Thermodynamik. Ziel des Moduls ist es, dass die Student:innen komplexe Apparaturen im Hinblick auf die genannten Aspekte analysieren und (in gewissen Grenzen) auch bereits planen können. Dies wird an zahlreichen Beispielen erläutert.						
Inhalte						
<ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamik / kin. Gastheorie / Strahlung • Transportprozesse / Sorption / Desorption / Strömung • Technische Komponenten: Pumpen / Ventile / Messgeräte / Massenseparatoren / Werkstoffe/ etc. • Beispiele zur Erzeugung "angemessener" Vakuumbedingungen in großen und kleinen Experimenten. • Thermodynamik der Refrigeratoren (Linde-Prozess u.a., Entmischer, adiabatische, Laserkühlung) • Technische Komponenten: Temperaturmessung / Steuerventile / Coldboxen / Mischkühler / Dewars / Transportleitungen, Anlagenbau, etc.,.. • Physik bei tiefen Temperaturen – Möglichkeiten und Grenzen (z.B. Supraleitung) 						
Zugangsvoraussetzungen	Experimentalphysik 1-3 des Bachelor-Studiengangs.					
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Kurt Aulenbacher					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges						

Modul Med	Medizin- und Strahlenphysik <i>Medical Physics and Physics of Radiation</i>					08.128.22079
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung	V	1 (2)	P	3	138	6 LP
Übungen	Ü			1		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Teilnahme (Lösung der Übungsaufgaben)					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Der Kurs vermittelt die Grundlagen der Physik von bildgebenden Verfahren sowie Arten der Strahlentherapie. Neben der theoretischen Betrachtungen können lernen die Studierenden zudem, die Wirkung bei der Anwendung ionisierender Strahlung in Diagnostik und Therapie für die verschiedenen Verfahren und Strahlenarten kennen und ihre Bedeutung einzuschätzen. Unter Zuhilfenahme der Begrifflichkeiten im Strahlenschutz (Dosisgrößen) können die Wirkungen bewertet werden. So soll die Bedeutung unterschiedlicher Maßnahmen zum Strahlenschutz sowohl bei der Strahlendiagnostik als auch bei der Strahlentherapie erkannt werden.						
Inhalte						
- Bildgebende Verfahren in der Medizinphysik: Röntgenstrahlung, CT, PET, MRT - Grundlagen der Strahlentherapie - Strahlenphysikalische Grundlagen: Wechselwirkung von Strahlung mit Materie - Strahlenwirkung in der Diagnostik - Dosimetrie und Dosismessverfahren zur Steuerung und Überwachung - Streustrahlung, Sekundärwirkungen - Strahlenschutzmaßnahmen in der Diagnostik: Wirkung, Einschränkungen, Grenzen						
Zugangsvoraussetzungen	Experimentalphysik 1-3 des Bachelor-Studiengangs.					
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	T.B.A.					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges						

Modul Big Data	Big Data					08.079.548
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Big Data“		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung	V			2 SWS		
Übung	Ü			2 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	In der Regel Klausur (120 Min.), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 Minuten).					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Datensätze aus dem Bereich „Big Data“ lassen sich im Allgemeinen durch weitaus mehr charakterisieren als den reinen Speicheraufwand. In diesem Modul lernen Studierende, welche besonderen Herausforderungen sich aus der Beschaffenheit der Daten für deren Aufbereitung, Verarbeitung und Interpretation ergeben und wie sich diese Herausforderungen bewältigen lassen. Insbesondere erlernen die Studierenden grundlegende Techniken für den Entwurf und die Implementierung effizienter Verarbeitungsmethoden für Big Data in verteilten Rechnerumgebungen sowie Analysemethoden für die Komplexitätstheoretische Bewertung unterschiedlicher Lösungsansätze.						
Inhalte						
- Grenzen der Aussagekraft großer Datenmengen - Skalierbarkeit von Soft- und Hardware - verteilte Dateisysteme - Map-Reduce-Programmiermodell - Komplexitätsanalyse von Map-Reduce-Programmen - graphbasierte Workflow-Modelle als Erweiterung des einfachen Map-Reduce-Ansatzes (z. B. Apache Spark) - Anwendungsbeispiele für Big-Data-Methoden (z. B. Webseitenbewertung durch PageRank, Ähnlichkeitsbestimmung hochdimensionaler Daten durch MinHashing, Clustering-Verfahren, Recommender-Systeme)						
Literatur						
Leskovec J., Rajaraman A., Ullman J. Mining of Massive Datasets. 3rd Ed. Cambridge University Press. 2020.						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse im Bereich der Programmierung und Statistik					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Deutsch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Dozierende der Informatik					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B.Sc. Informatik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges						

Modul Data Mining	Data Mining					08.079.540
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Data Mining“		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung	V			2 SWS		
Übung	Ü			2 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	In der Regel Klausur (120 Min.), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 Minuten).					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Nach Absolvierung des Moduls sollen Studierende in der Lage sein - die innere Arbeitsweise wichtiger Algorithmen für Data Mining, insbesondere für: Pattern Mining, Clustering, Graph Mining und statistisches relationales Lernen, deren Vor- und Nachteile sowie deren theoretische und praktische Eigenschaften erklären zu können, - Problemstellungen aus Anwendungsgebieten auf typische Data Mining Tasks abbilden und adäquate Methoden auswählen zu können, - Maße für die Messung der Performance von Algorithmen des Data Mining richtig einzusetzen sowie Output und Ergebnisse der Algorithmen bewerten, richtig einordnen und kritisch interpretieren zu können, - die Performance von Algorithmen des Data Mining sowie deren Modelle fehlerfrei und ohne verfälschte, optimistisch oder pessimistisch verzerrte Schätzungen in korrekten experimentellen Versuchsaufbauten evaluieren und vergleichen zu können, und die Performance von Algorithmen mit adäquaten Methoden optimieren zu können						
Inhalte						
- Pattern Mining: Itemsets, APriori, FPGrowth, Borders, Free und Closed Sets, Constraint-Based Mining, Episode Rules - Clustering: k-Means, hierarchisches Clustering, modell-basiertes Clustering (EM) - Graph Mining: Grundlagen, AGM, gSpan - Stream Mining: Concept Drift, CountMinSketch - Pattern Mining auf Datenströmen: Moment Algorithmus, Closed Enumeration Tree (CET), SWIM Algorithmus - Clustering auf Datenströmen: BIRCH Algorithmus, Clustering Features (CFs), CluStream, DenStream, ClusTree, StreamKM++ - Graph Stream Mining: Graph Coresets, AdaGraphMiner						
Literatur						
Data Mining: Concepts and Techniques, Third Edition, Jiawei Han, Micheline Kamber, Morgan Kaufmann, 2011.						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Unterrichtssprache Deutsch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
Dozierende der Informatik						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen						
B.Sc. Informatik, M.Sc. Angewandte Physik						
Sonstiges						

Modul Machine Learning	Machine Learning für die Physik					08.128.830
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Machine Learning für die Physik“		2 (1)	P		138 h	6 LP
Vorlesung	V			2 SWS		
Praktikum	Ü			2 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Klausur (Umfang 90-120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (20-30 Min.)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Nach Absolvierung des Moduls sollen Studierende in der Lage sein - die innere Arbeitsweise wichtiger Algorithmen für (vor allem: überwachtes) maschinelles Lernen, deren Vor- und Nachteile sowie deren theoretische und praktische Eigenschaften erklären zu können, - Problemstellungen aus Anwendungsgebieten auf typische Machine Learning Tasks abbilden und adäquate Methoden auswählen zu können, - Maße für die Messung der Performance von Algorithmen des Machine Learning richtig einzusetzen sowie Output und Ergebnisse der Algorithmen bewerten, richtig einordnen und kritisch interpretieren zu können, - die Performance von Algorithmen des maschinellen Lernens sowie deren Modelle fehlerfrei und ohne verfälschte, optimistisch oder pessimistisch verzerrte Schätzungen in korrekten experimentellen Versuchsaufbauten evaluieren und vergleichen zu können, und die Performance von Algorithmen mit adäquaten Methoden optimieren zu können						
Inhalte						
Vorlesung Machine Learning - Entscheidungsbäume: Repräsentation, Lernen, Overfitting, Pruning - Ensembles: Boosting, Bagging, Random Forests - Evaluierung und Validierung: Testprotokolle, Hold-Out, Kreuzvalidierung, Fehlermaße, Lossfunktionen - Lineare Modelle: lineare Regression, Ridge Regression, logistische Regression - neuronale Netzwerke: Perceptron, Multi-Layer Perceptron, Back-Propagation - instanz-basiertes Lernen: k-NN, lokal gewichtetes Lernen, RBF Netzwerke, Case-Based Reasoning - Bayes'sches Lernen: Naive Bayes, Bayessche Netze, Repräsentation, d-Separierung, Inferenz, Junction Tree Algorithmus, Lernen - Deep Learning: Representation Learning, Convolutional Neural Networks (CNNs), Autoencoders, Generative Adversarial Networks (GANs), Long Short-Term Memory Networks (LSTMs), Dropout, Batch Normalization, Ausblick: Trustworthy AI und Explainable AI (XAI)						
Literatur						
Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Fourth Edition, Ian H. Witten, Eibe Frank, Mark A. Hall, Christopher J. Pal, Morgan Kaufmann, 2016.						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Deutsch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Dozierende der Physik					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges						

Modul Modellierung	Lineare Modellierung					08.079.314
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Modellierung I“		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung	V			2 SWS		
Übung	Ü			2 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Klausur (Umfang 90-120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (20-30 Min.)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Veranstaltung verbindet die Theorie mathematischer Modellierung mit der praktischen Umsetzung im Rechner. Betrachtet werden im wesentlichen lineare Modelle: Theorie: Die Studierenden verstehen die Struktur und die Anwendungsmöglichkeiten linearer mathematischer Modelle, sowie den approximativen Abgleich von linearen Modellen mit unpräzisen Daten mittels quadratischer Variationsansätze (least-squares). Sie verstehen auch die grundlegenden Probleme, die damit einhergehen (schlecht gestellte Probleme, Regularisierung, Charakteristiken von Rauschen, Ausdruckskraft linearer Modelle). Praxis: Die Studierenden sind in der Lage, die o.g. abstrakten Werkzeuge konkret in eine effiziente Implementation auf dem Computer umzusetzen. Dabei verstehen Sie, wie Information digital repräsentiert wird (Auflösungslimits, Aliasing) und sich die mathematischen Strukturen im Rechner abbilden lassen, insbesondere in Hinblick auf die Modellierung geometrischer und dynamischer Phänomene. Die Studierenden können projekt- und teamorientiert arbeiten.						
Inhalte						
Die Vorlesung behandelt lineare Modellierung, inklusive differentieller Modelle und quadratischer Optimierung. - Wiederholung: mathematische Werkzeuge aus dem Grundstudium (Vektorräume, Funktionenräume, multi-variante quadratische Polynome). - Inverse Probleme: Analyse mittels Basistransformation (SVD), Regularisierung. - Least-Squares: Grundlagen, Total-Least-Squares, Zusammenhang mit Matrixfaktorisierung, robuste Statistik mit nicht-quadratischen Modellen und deren Implementation mittels „iteratively-reweighted least-squares“. - Datenstrukturen: für geometrische und dynamische Modellierung (Gitter, Meshes, Punktwolken, implizite Flächen). - Signaltheorie: Abtastung und Rekonstruktion, (Anti-) Aliasing, Design linearer Basen. Irreguläre Abtastung. - Differentielle Modellierung: Differentialgleichungen (DGLs, PDGLs), Funktionale über differentielle Eigenschaften, Modellierung und Analyse dynamischer Systeme. - Diskretisierung: elementare Verfahren zur numerischen Behandlung. - Variationsansätze: Modellierung durch Aufstellen und Minimieren von Energiefunktionalen. Beispiele für (vor allem quadratische) Funktionale und deren Anwendung für die Approximation von Messdaten und Regularisierung von Lösungen, Lösung durch direkte Optimierung und Charakterisierung der Lösung durch die Euler-Lagrange-Gleichung, „harte“ Zwangsbedingungen durch Lagrange-Multiplikatoren.						
Literatur						
-						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse im Bereich der Mathematik, Lineare Algebra und Statistik					
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Deutsch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Dozierende der Informatik					

Modul Modellierung	Lineare Modellierung	08.079.314
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B.Sc. Informatik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges		

Modul Simulation	Simulationsprogramme <i>Simulation Tools</i>					08.128.860
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Simulation Tools“		2 (1)	P		138 h	6 LP
Vorlesung	V			3 SWS		
Übung	Ü			1 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten					
Modulprüfung	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit und/oder eigener Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Studierende sind in der Lage die wichtigsten Simulations-Tools zu verwenden für den Entwurf und das Verständnis der Physik von elektronischen Schaltungen, optischen Aufbauten, Vakuumsystemen, elektrischen und magnetischen Felder, thermischer Leitfähigkeit u.s.w.						
Inhalte						
Erlernen der wichtigsten Simulationstools in der Physik, insbesondere <ul style="list-style-type: none"> • Elektronik-Simulation (z.B. LTSpice) • Optische Simulation (z.B. Zemax) • Simulation von Vakuumsystemen (z.B. MolFlow) • Multi-Physik Pakete (e.g COMSOL) 						
Literatur						
-/-						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Sommersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
Prof. Dr. Randolph Pohl						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen						
M.Sc. Angewandte Physik						
Sonstiges						

Modul 4.2 Physikalische Chemie	Modern Methods of Physical Chemistry <i>Moderne Methoden der physikalischen Chemie</i>					09.032.22.630
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Moderne Methoden der physikalischen Chemie“		1 o. 2.	P		138 h	6
Vorlesung	V			3 SWS	103,5	4,5
Übung	Ü			1 SWS	34,5	1,5
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	In der Regel Klausur (120 min), alternativ mündliche Prüfung (30 min)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
<p>Aufbauend auf den Grundkenntnissen der Physikalischen Chemie (Thermodynamik, Elektrochemie, Quantenmechanik, Kinetik und Spektroskopie) und Physik, werden in diesem Modul moderne und aktuelle Methoden der physikalischen Chemie zur Charakterisierung molekularer Vorgänge vorgestellt, insbesondere auch bildgebende Verfahren, wie sie in weiten Bereichen der Materialwissenschaften, Chemie und modernen Medizin angewendet werden. Nach erfolgreicher Absolvierung des Moduls sollten die Studierenden moderne mikroskopische und molekulare Charakterisierungsmethoden der physikalischen Chemie kennen, die Grundlagen verstehen und mögliche Anwendungsgebiete benennen können. Die Studierenden sollten in der Lage sein, zu verschiedenen experimentellen Fragestellungen die jeweils passenden Methoden auszuwählen und entsprechende Messdaten interpretieren zu können, um so erfolgreich neuen Phänomenen zielführend auf den Grund zu gehen.</p>						
Inhalte						
<p>1. Grundlagen moderner mikroskopischer Methoden mit Beispielen aus ihrem Anwendungsbereich. Themen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abbildende Mikroskopieverfahren (konfokale Mikroskopie, Rastersondenmikroskopie, Elektronenmikroskopie) • Aktuelle Themen der modernen molekularen Spektroskopie, z.B. Einzelmolekülspektroskopie FRET • Mikroskopieverfahren zur Analyse dynamischer Prozesse und intermolekularer Wechselwirkungen (FRAP) • Moderne Methoden zur Charakterisierung molekularer physikalisch-chemischer Parameter (NanoSPR) <p>2. Vertiefende bzw. ergänzende Themen aus dem Bereich der Vorlesung mit praktischen Übungen und Anwendungen</p>						
Literatur						
-						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Jedes Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
Dozierende der Chemie						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen						
M.Sc. Angewandte Physik						
Sonstiges						

Modul 5.2 Molekulare Photochemie	Molecular Photochemistry <i>Molekulare Photochemie</i>					09.032.22.650
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Molekulare Photochemie“		1 (2)	P		138 h	6
Vorlesung	V			3 SWS	103,5	4,5
Übung	Ü			1 SWS	34,5	1,5
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	In der Regel Klausur (120 min), alternativ mündliche Prüfung (30 min)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können strukturiert Wissen zu den genannten Begriffen wiedergeben, • können die grundlegenden Konzepte und Methoden beschreiben, • können Teilinhalte eigenständig zu erarbeiten und zu vertiefen, • können Zusammenhänge und Verknüpfungen von Themen und Inhalten innerhalb des Faches und mit verwandten Teildisziplinen herstellen, • können die erlernten Inhalte auf unbekannte Aufgabenstellungen übertragen, • erlangen einen umfassenden Überblick zur Querschnittsdisziplin der Photochemie, wobei grundlegende Konzepte und Trends der aktuellen Forschung gleichermaßen im Fokus stehen. 						
Inhalte						
Elektronentransfer, Grundlagen der Photochemie, Photophysik und Photochemie von Metallkomplexen und organischen Chromophoren, Photokinetik, optische Spektroskopie, Photokatalyse, solare Energieumwandlung, natürliche und künstliche Photosynthese, photochemische Sonden, supramolekulare Photochemie, organische Photoreaktionen, Isomerisierungen, Umlagerungen, Fragmentierungen, Photochemie in biologischen Systemen						
Literatur						
-						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
Dozierende der Chemie						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen						
M.Sc. Angewandte Physik						
Sonstiges						

Modul 5.1 Elektronen in Molekülen	Electrons in Molecules <i>Elektronen in Molekülen</i>					09.032.22.640	
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung mit Übung „Elektronen in Molekülen“		1 (2)	P		138 h	6	
Vorlesung	V			3 SWS	103,5	4,5	
Übung	Ü			1 SWS	34,5	1,5	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit							
Aktive Teilnahme	gemäß §5 Abs. 3						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	In der Regel Klausur (120 min), alternativ mündliche Prüfung (30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können strukturiert Wissen zu den genannten Begriffen wiedergeben, • können die grundlegenden Konzepte und Methoden beschreiben, • können Teilinhalte eigenständig erarbeiten und vertiefen, • können die erlernten Inhalte auf unbekannte Aufgabenstellungen übertragen, • können Zusammenhänge und Verknüpfungen von Themen und Inhalten innerhalb des Faches und mit verwandten Teildisziplinen herstellen, • haben ein Verständnis für die Bedeutung der Elektronenstruktur molekularer Systeme in den Naturwissenschaften erlangt. 							
Inhalte							
Magnetische Eigenschaften von organischen Molekülen oder Koordinationsverbindungen mit einem oder mehreren paramagnetischen Zentren. Grundlegende Konzepte, Anwendungsbeispiele aus der Bio-Anorganischen Chemie, Spin- Crossover-Verbindungen, Einzelmolekülmagnete. Elektrische Eigenschaften molekularer Verbindungen: Elektronentransfer in diskreten und Leitfähigkeit in ausgedehnten Systemen. Anwendungsbeispiele aus der Bio-Anorganischen Chemie. Einführung in die molekulare Spintronik für eine ressourcenschonende Datenverarbeitung.							
Literatur							
-							
Zugangsvoraussetzungen							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)				Deutsch oder Englisch			
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote				6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)			
Häufigkeit des Angebots				Wintersemester			
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter				Dozierende der Chemie			
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen				M.Sc. Angewandte Physik			
Sonstiges							

Modul Quantencomputer Programmierung	Quantencomputer Programmierung					08.128.890
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Vorlesung mit Übung „Mathematische Grundlagen“		1 (2)	P		138 h	6 LP
Vorlesung	V			1 SWS		
Übung	Ü			3 SWS		
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Klausur (Umfang 90-120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (20-30 Min.)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden erwerben Kenntnisse, um mit Quantencomputern zu arbeiten. Sie lernen unterschiedliche Qubit-Plattformen kennen, basierend beispielsweise auf supraleitenden Schaltkreisen, auf gespeicherten Ionen oder auf neutralen Atomen. Der Zugriff auf diverse Quantenprozessoren in verschiedenen geeigneten Programmiersprachen wird gezeigt, sodass die Studierenden selbständig Programme zu Algorithmen für unterschiedliche Anwendungsfälle erarbeiten können. Die besonderen Fähigkeiten und auch das zukünftige Potential von Quantencomputern wird dadurch dargestellt, dass die Ergebnisse der Quantencomputer-Rechnungen ausgewertet und bewertet werden. Neben dem Zugriff auf Quantencomputer lernen die Studierenden auch Emulatoren von Quantenprozessoren auf klassischer Hardware kennen.						
Inhalte						
Übung in der Benutzung von Quantencomputern anhand von typischen Anwendungsfällen. <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in Gatter-basiertes Quantencomputing • Elementare Gatter Operationen und Qubit Messungen • Quantenzustands-Tomographie • Einführung in Programmiersprachen: open-qasm, qiskit, ocean, pennylane, usw. • Die selbständig zu bearbeitenden Beispiele umfassen die Erzeugung von Bell-Zuständen, die Teleportation, den Deutsch-Jozsa Algorithmus, die Grover Suche, den “variational quantum eigensolver,” usw. • Quantencomputer mit kontinuierlichen Variablen • Optimierungsaufgaben wie Max-cut, QAOA, adiabatischer Quantencomputer, usw. 						
Literatur						
Whurley / F.E. Smith: Quantum Computing for dummies, Wiley-Vch						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Unterrichtssprache Deutsch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
Prof. Dr. F. Schmidt-Kaler						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen						
M.Sc. Angewandte Physik						
Sonstiges						

4.3 Theoretische Physik

Modul ThPh	Theoretische Physik						M.08.128.22055
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	P						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	8 LP = 240 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	2						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung mit Übung „Statistische Physik und Thermodynamik“		1 (2)	P		88 h	4 LP	
Vorlesung	V			2 SWS			
Übung	Ü			1 SWS			
Vorlesung mit Übung „Elektrodynamik“		2 (1)					
Vorlesung	V			2 SWS	88 h	4 LP	
Übung	Ü			1 SWS			
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit							
Aktive Teilnahme	Bearbeitung von Übungsaufgaben entsprechend der zu Beginn der Lehrveranstaltung mitgeteilten Kriterien.						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Je eine Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) pro Vorlesung						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden beherrschen die grundlegenden Konzepte, Methoden und Denkweisen der theoretischen Physik; verstehen das Wechselspiel von Theoretischer Physik und Experimentalphysik, den Beitrag der Theoretischen Physik zu Begriffsbildung und Begriffsgeschichte, die wichtigsten Arbeitsstrategien und Denkformen der Theoretischen Physik sowie die Kulturverflechtung und des Kultur- und Zivilisationsbeitrags der Theoretischen Physik; entwickeln die Fähigkeit, die spezifische Rolle der Theorie im Aufbau der Physik, ihr gedankliches Arsenal an Arbeitsstrategien und Denkformen und ihre Kulturverflechtung an schulelevanten Beispielen zu verdeutlichen.							
Inhalte							
Das Modul soll vermitteln, wie theoretische Physiker und Physikerinnen denken. Die Ausbildung in Theoretischer Physik verfolgt ein doppeltes Ziel: zum einen Beherrschung der grundlegenden Konzepte, Methoden und Denkweisen, zum anderen Verständnis für die spezifische Rolle der Theorie im Aufbau der Physik, ihr gedankliches Arsenal an Arbeitsstrategien und Denkformen und ihre Kulturverflechtung. Gerade das zweite Ziel ist für die Lehramtsausbildung fundamental. Es verlangt neben der Behandlung bekannter Einzelthemen entlang der Fachstruktur der Theoretischen Physik (Hauptthemen: Mechanik, Thermodynamik, Elektrodynamik, Quantenmechanik) eine übergeordnete Perspektive, um das Wesen von Physik zu verstehen.							
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Statistische Physik und Thermodynamik</i>: Entartungsfunktion und Entropie, Zusammenhang zu Thermodynamischen Variablen, Boltzmann- und Maxwell-Verteilung, Bose-Einstein und Fermi-Dirac-Verteilung, Nichtgleichgewichtsthermodynamik und dissipative Strukturen • <i>Elektrodynamik</i>: Kovariante Formulierung der Maxwell Gleichungen, Magnetostatik, Elektrostatik 							
Zugangsvoraussetzungen							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls				„Experimentalphysik 1“ und „Experimentalphysik 2“ des Bachelor-Studiengang			
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)				Unterrichtssprache Deutsch Prüfungssprache Deutsch			
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote				8/ Σ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)			
Häufigkeit des Angebots				Jährlich			
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							

Modul ThPh	Theoretische Physik	M.08.128.22055
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. Stefan Scherer	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Ed. Physik, M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges		

4.4 Praktika

Modul FP	Fortgeschrittenen Praktikum <i>Advanced Laboratory</i>						M.08.128.220
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	P						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	10 LP = 300 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	2						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Fortg. Praktikum Teil 1	Pr	1	P	4 SWS	108 h	5 LP	
Fortg. Praktikum Teil 2	Pr	2	P	4 SWS	108 h	5 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit							
Aktive Teilnahme							
Studienleistung(en)	Vortestate						
Modulprüfung	Portfolio über die Versuche von Teil (1) und (2)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
<p>Die Studierenden sollen</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Planung der Messungen, deren strukturierte Durchführung („Messprozess“) einüben, • fortgeschrittenes experimentelles Arbeiten in vielen Bereichen der Physik durch Durchführung anspruchsvoller Versuche in Zweiergruppen unter Anleitung erfahrener Assistenten erlernen, • sich mit dem Führen eines Laborbuchs sowie der Datenanalyse, Fehlerrechnung und anspruchsvolleren statistische Auswertung vertraut machen und • die den Experimenten zugrunde liegenden theoretischen Hintergründe verstehen und überzeugend darstellen können. <p>Nach Abschluss des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Studierenden komplexere Messaufbauten justieren, sicher bedienen und deren Funktion überschauen, • kennen Strategien, um in komplexeren Messprozessen sicherzustellen, dass die Messung fehlerfrei funktioniert und • haben Erfahrungen mit der Suche nach Fehlern und Störungen Messprozessen gesammelt. <p>Ähnlich wie im Praktikum P1 werden Team- und Kommunikationsfähigkeit gefordert. Die sorgfältige Ausarbeitung der Ergebnisse verbessert die Schreibkompetenz und den sicheren Umgang mit Texteditierungssystemen, die in der Wissenschaft verbreitet sind. In vielen Versuchen ist eine Auswertung mit Datenanalyseprogrammen nötig, deren Beherrschung die Studierenden im Praktikum anhand konkreter Probleme erlernen.</p> <p>Messung, statistische Analyse, Beurteilung und Darstellung experimenteller Daten ist die zu erlernende Kernkompetenz, als Vorbereitung zur Abfassung von akademischen Arbeiten und Publikationen.</p>							
Inhalte							
An 10 Versuchstagen werden physikalische Themen aus den folgenden Bereichen behandelt:							
<ul style="list-style-type: none"> • Atomphysik, Quantenoptik, Festkörperphysik • Kernphysik, Elementarteilchenphysik, Detektoren und Teilchennachweis 							
Literatur							
Versuchsanleitungen mit spezieller Literaturangabe							
Zugangsvoraussetzungen							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Experimentalphysik 1-3 und Grundpraktika 1 und 2 des Bachelor-Studiengangs.							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)							
Unterrichtssprache Deutsch Prüfungssprache Deutsch							
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
10/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)							
Häufigkeit des Angebots							
Jedes Semester							
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							

Modul FP	Fortgeschrittenen Praktikum <i>Advanced Laboratory</i>	M.08.128.220
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. W. Gradl	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B.Sc. Physik, B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik	
Sonstiges		

Modul IndP	Industriepraktikum <i>Internship in Industry</i>					08.128.22085
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	4-6 LP = 120-180 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Praktikum an einem Unternehmen in der freien Wirtschaft	Pr					
Dauer: 3-5 Wochen		1 o. 2	WP	3-5 Wochen		4-6
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Anwesenheitspflicht im Unternehmen (siehe PO §5, Abs. 9)					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Praktikumsbericht an den betreuenden Hochschullehrer					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden sollen <ul style="list-style-type: none"> • typische Studieninhalte zur Lösung von Problemen einsetzen, die in der Praxis auftreten • ihre Teamfähigkeit durch notwendige Integration in fremde Arbeitsgruppen eines Unternehmens verbessern • üben, sich in einem Umfeld außerhalb der Universität zu bewähren • Eigeninitiative entwickeln bei der Suche nach Praktikumsstellen und der Recherche über die anbietenden Firmen und Institutionen 						
Inhalte						
Praktikum in einem Wirtschaftsunternehmen, das nicht unmittelbar mit der Universität Mainz in Verbindung steht. Die Betreuung erfolgt durch einen Hochschullehrer und die Gastfirma. Im Zweifelsfall entscheidet der Prüfungsausschuss über die Zulässigkeit eines Praktikums. Das Praktikum muss mindestens eine Dauer von 3 Wochen (4 LP) haben. Maximal können 6 LP eingebracht werden, was einer Praktikumsdauer von 5 Wochen entspricht.						
Zugangsvoraussetzungen						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)						
Unterrichtssprache Englisch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote						
4-6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)						
Häufigkeit des Angebots						
Jedes Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter						
T.B.A.						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen						
B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik						
Sonstiges						

4.5 Erweiterte Kompetenzen

Modul Kompetenzen		Erweiterte Kompetenzen					08.128.880
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul		P					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)		6-8 LP = 180-240 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)		2					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Zwei der drei folgenden Veranstaltungen sind zu wählen		1,2			138		
Seminar 1	HS		P	2 SWS		4 LP	
Seminar 2	HS		WP	2 SWS		4 LP	
Fächerübergreifende Veranstaltung			WP	2 SWS		2-3 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	HS						
Aktive Teilnahme	Gemäß §5 Abs. 3						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Die Benotung beruht jeweils auf den Vorträgen in Seminar 1 und Seminar 2, bzw. nur dem gewählten Seminar. Die Fächerübergreifenden Veranstaltungen werden nicht benotet.						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Ziel der Seminare ist das Erlernen und Üben von Vortragskompetenz an Hand der Vorstellung von aktuellen Themen moderner Physik. Im Zentrum stehen das Erlernen und Üben von Präsentationstechniken und Vortragskompetenz und die Auseinandersetzung mit den physikalischen Inhalten. Im zweiten Teil des Seminars erfolgt eine vertiefende Auseinandersetzung mit aktuellen Fragestellungen der physikalischen Forschung. In der fächerübergreifenden Veranstaltung können Veranstaltungen im Rahmen des „Studium Generale“ wie z.B. Sprachkurse, Seminare Philosophie der Physik oder der Naturwissenschaften, sowie Seminare zum wissenschaftlichen Schreiben sowie Praktika („Sommerstudentenprogramme“) an Großforschungseinrichtungen anerkannt werden.							
Inhalte							
- Studentische Vorträge über Themen aus einem breiten Spektrum moderner experimenteller und theoretischer Physik. - Sprachkurse, Seminare Philosophie der Physik oder der Naturwissenschaften, sowie Seminare zum wissenschaftlichen Schreiben							
Literatur							
-							
Zugangsvoraussetzungen							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)							
Unterrichtssprache Deutsch Prüfungssprache Deutsch oder Englisch							
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
4 bzw. 8/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)							
Häufigkeit des Angebots							
Wintersemester							
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter							
Dozierende der Physik							
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen							
M.Sc. Angewandte Physik							
Sonstiges							

4.6 Forschungsphase

Modul 660	Spezialisierung <i>Specialization</i>					M.08.128.660
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	P					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	15 LP = 450 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Spezialisierung (P)	F	3	P	60 h	390 h	15 LP
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Einarbeitung in das Forschungsvorhabens mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Abschließender Seminarvortrag vor der Arbeitsgruppe. Das Modul wird nicht benotet.					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Der/die Studierende erlernt innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe <ul style="list-style-type: none"> • die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Spezialkenntnisse, • die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Methoden und • eigenständiges wissenschaftliches Arbeiten. 						
Inhalte						
Es wird ein vorläufiges Thema der Master-Arbeit aus dem Forschungsvorhaben einer experimentellen oder theoretischen Arbeitsgruppe formuliert, in das sich der/die Studierende einarbeitet.						
Zugangsvoraussetzungen	Alle Lehrveranstaltungen des Masterstudiengangs im 1. und 2. Semester, eventuell mit Ausnahme der je eines Moduls aus Bereich Physik und Ingenieurwissenschaften sowie des Moduls Erweiterte Kompetenzen.					
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Deutsch/Englisch Prüfungssprache Deutsch/Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	0 (Das Modul ist unbenotet.)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. M. Ostrick					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					

Modul 670	Methodenkenntnis <i>Methodological Knowledge</i>					M.08.128.670
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	P					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	15 LP = 450 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit(SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Methodenkenntnis (P)	F	3	P	60 h	390 h	15 LP
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erlernen der Methoden mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	abschließender Seminarvortrag vor der Arbeitsgruppe oder Erstellung eines Portfolios					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Der/die Studierende erlernt innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe <ul style="list-style-type: none"> • die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Spezialkenntnisse, • die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Methoden und • eigenständiges wissenschaftliches Arbeiten. 						
Inhalte						
Für das Thema der Master-Arbeit aus dem Forschungsvorhaben einer experimentellen oder theoretischen Arbeitsgruppe arbeitet sich der/die Studierende in die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Methoden ein.						
Zugangsvoraussetzungen	Modul „Spezialisierung“					
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Deutsch/Englisch Prüfungssprache Deutsch/Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	15/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. M. Ostrick					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					

Modul 969	Masterarbeit <i>Master Thesis</i>					A.08.128.969
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	P					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	30 LP = 900 h					
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1					
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte
Masterarbeit (P)		4	P	110 h	760 h	29 LP
Abschlusskolloquium (P)		4	P	2 h	28 h	1 LP
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit						
Aktive Teilnahme	Erarbeiten der neuen Ergebnisse an der Grenze des Wissens mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Schriftliche Master-Arbeit, Abschlusskolloquium vor der Arbeitsgruppe (siehe §17 PO)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden sind befähigt, ein Thema im von ihnen gewählten Spezialgebiet wissenschaftlich zu bearbeiten. Sie sind in Form einer wissenschaftlichen Schrift (Masterarbeit) in der Lage, in dieses Thema einzuführen, ihre Ergebnisse zu schildern und zu dokumentieren und sie im Lichte der relevanten Literatur zu interpretieren und zu diskutieren. Sie sind außerdem befähigt, ihre Masterarbeit als wissenschaftlichen Vortrag zu präsentieren und zu verteidigen und dabei auch Fragen zum Thema sowie zu Randgebieten zu beantworten.						
Inhalte						
Für das Thema der Master-Arbeit aus dem Forschungsvorhaben einer experimentellen oder theoretischen Arbeitsgruppe erarbeitet der/die Studierende neue Ergebnisse an der Grenze des Wissens.						
Zugangsvoraussetzungen	Module „Spezialisierung“ und „Methodenkenntnis“					
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Unterrichtssprache Deutsch/Englisch Prüfungssprache Deutsch/Englisch					
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	30/ΣLP (siehe §16 und §17, Abs. 5 PO)					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester					
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. M. Ostrick					
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik					
Sonstiges	Sprache: Englisch					