

Modulhandbuch

Physik (Master of Science)

Wintersemester 2018/19

KIT Campus Süd - Fakultät für Physik



Modulhandbuch für den Masterstudiengang Physik

(Stand: 19. September 2018)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Masterstudiengang Physik.....	3
Qualifikationsziele	3
Qualifikationsziele des Studienganges	3
Qualifikationsziele der einzelnen Fächer	4
Leistungspunkte-System.....	5
Studienplan für den Masterstudiengang Physik	6
1. Einleitung	6
2. Lehrveranstaltungen	6
3. Anmeldung zu Leistungsüberprüfungen und Fachprüfungen.....	7
4. Notenbildung.....	7
5. Organisation der Fächer	7
Graphische Darstellung des Studienplans	20
Übersicht über die einzelnen Module	21
Modul: Hauptseminar	22
Modul: Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudenten	23
Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I	24
Modul: Elektronenmikroskopie II	25
Modul: Beschleunigerphysik II: Synchrotronstrahlungsquellen.....	26
Modul: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering	27
Modul: Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation	28
Modul: Molekulare Elektronik	29
Modul: Grundlagen der Nanotechnologie I	30
Modul: Supraleiter-Nanostrukturen	31
Modul: Nano-Optics.....	32
Modul: Quantum Optics.....	33
Modul: Solid-State Optics.....	34
Modul: Computational Photonics.....	36
Modul: Teilchenphysik I	38
Modul: Teilchenphysik II – Flavour-Physik	39
Modul: Elektronik für Physiker.....	40
Modul: Elektronik für Physiker: Analogelektronik	41
Modul: Elektronik für Physiker: Digitalelektronik	42
Modul: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik	43
Modul: Astroteilchenphysik I.....	44
Modul: Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung.....	45
Modul: Einführung in die Kosmologie.....	46
Modul: General Relativity	47
Modul: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik	48
Modul: Theoretische Teilchenphysik II	49
Modul: Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model	50
Modul: Theorie der Kondensierten Materie I.....	51
Modul: Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory	52
Modul: Theoretische molekulare Biophysik.....	53

Masterstudiengang Physik

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hat sich im Rahmen der Umsetzung des Bolognaprozesses zum Aufbau eines Europäischen Hochschulraumes zum Ziel gesetzt, dass am Abschluss der Studierendenausbildung am KIT in der Regel der Mastergrad steht. Die am KIT angebotenen Bachelor- und Masterstudiengänge werden daher als Gesamtkonzept mit konsekutivem Curriculum angesehen. Der Masterstudiengang Physik baut somit auf dem Bachelorstudiengang Physik auf.

Das Fach Physik gehört zu den klassischen Naturwissenschaften. Ein Studium der Physik ist zunächst auf eine wissenschaftliche Tätigkeit als Physiker/in hin ausgerichtet, die an universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen und in der Industrie durchgeführt wird. In Bezug auf die Wissenschaft stellt das Masterstudium der Physik am KIT unmittelbar den Kontakt zum primären Arbeitsfeld dar. Dies wird im Studium durch fast ausschließlich forschungsbezogene Vorlesungsinhalte zu aktuellen Forschungsthemen, sowie durch die Masterarbeit sichergestellt. Das Berufsfeld für Physiker/innen ist jedoch nicht auf naturwissenschaftliche Forschung beschränkt, sondern Physiker/innen werden in der Gesellschaft breit eingesetzt. Dies ist auf die zentrale Kompetenz zurückzuführen, dass in der Physik Problemstellungen analysiert, modelliert und nach wissenschaftlichen Standards gelöst werden – eine Fähigkeit, die breit einsetzbar ist und die im Vordergrund der Ausbildung steht.

Der konsekutive Masterstudiengang Physik hat – unter Beibehaltung einer großen fachlichen Breite – einen stark vertiefenden und profilbildenden Charakter. Dies wird durch vielfältige Wahlmöglichkeiten im Bereich der physikalischen Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfächer ermöglicht. Von zentraler Bedeutung ist auch die Masterarbeit, die durch eine Einführung in das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten und eine Spezialisierungsphase vorbereitet wird. Das Masterstudium kann weitgehend nach individuellen Neigungen und Fähigkeiten ausgerichtet werden.

Die Anforderungen des Masterstudienganges Physik setzen eine solide physikalische Grundausbildung voraus, wie sie im Rahmen eines Bachelorstudiums Physik erworben wird. Fehlende Grundlagen können nur in freiwilligen Zusatzstudien erworben werden. Demzufolge haben sich die Studiendekane des Landes Baden-Württemberg auf Anforderungen für Inhalt und Umfang eines Bachelorstudienganges Physik geeinigt und die KIT-Fakultät für Physik hat eine entsprechende Zugangssatzung für den Masterstudiengang erlassen.

Qualifikationsziele

Qualifikationsziele des Studienganges

Die Absolvent/inn/en des Masterstudienganges Physik kennen die wissenschaftlichen Grundlagen der experimentellen und theoretischen Physik und haben im Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Physikalischen Nebenfach ihre Kenntnisse auf den aktuellen wissenschaftlichen Stand vertieft. Sie besitzen weiterführende Kenntnisse in einem aus einem Fächerkanon wählbaren nichtphysikalischen Wahlpflichtfach. Sie verfügen über die Fähigkeit, die vertieften Konzepte der theoretischen bzw. experimentellen Physik auf forschungsnahe Probleme anzuwenden und nach Lösungsstrategien zu suchen. Im experimentellen Bereich haben sie die Fähigkeit, aus gemessenen Daten auf Zusammenhänge zu schließen, Modelle zu formulieren und Vorhersagen abzuleiten. Absolvent/inn/en mit Vertiefung in der theoretischen Physik haben die Kenntnisse komplexe Rechnungen durchzuführen und die Resultate im Rahmen der betrachteten Theorie zu interpretieren. Auf der Grundlage des erworbenen Wissens ordnen sie Sachverhalte und Themengebiete fachgerecht ein. Die Absolvent/inn/en beherrschen außerdem das Zusammenfassen von wissenschaftlichen Ergebnissen und Forschungsergebnissen in Schrift und Wort und deren didaktisch ansprechende Präsentation. Der erfolgreiche Abschluss des Studienganges ermöglicht eine Tätigkeit in verschiedenen beruflichen Bereichen, wie der universitären und industriellen Forschung und Entwicklung, der Datenanalyse und Optimierung von Prozessen sowie der Programmierung und Hardwareanwendung. Außerdem haben die Absolvent/inn/en die Voraussetzungen erworben, um ein Promotionsstudium in Physik zu beginnen.

Am KIT wird besonderer Wert auf eine forschungsnahe Lehre gelegt. Im Masterbereich haben die Studierenden eine große Wahlmöglichkeit, sich nach Ihren Interessen zu spezialisieren und engen Kontakt zur Forschung im Hochschulforschungsbereich sowie im Großforschungsbereich zu gelangen.

Die Kombination des Bachelor- und Masterstudiengangs ist äquivalent zum früheren Diplomstudiengang. Die Definition der allgemeinen Qualifikationsziele auf Studiengangsebene des Bachelors und Masters in Physik wird in der „Konferenz der Fachbereiche Physik“ deutschlandweit und mit Rücksicht auf die internationale Lehr- und Forschungslandschaft koordiniert, um einen Wechsel während des Studiums innerhalb Deutschlands zu ermöglichen und ein international definiertes Berufsfeld zu sichern.

Qualifikationsziele der einzelnen Fächer

Physikalisches Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfach

Die Studierenden entscheiden selbst über die Schwerpunkte in ihrem Masterstudium und vertiefen ihr Wissen in ausgewählten Fächern. Durch die forschungsnahe Ausbildung erhalten sie Kenntnisse, die sie in die Lage versetzt selbstständig aktuelle Forschungsthemen zu bearbeiten. Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfach müssen aus verschiedenen Themenfeldern gewählt werden. Dies ermöglicht es den Studierenden, tiefere Einblicke in dem Gebiet zu erhalten, das im Fokus des Interesses steht, ohne dass die Breite darunter leidet. Die Studierenden lernen, sich mit forschungsnahe Fragestellungen auseinanderzusetzen und die aktuelle Literatur zu verwenden, um nach Lösungsansätzen zu suchen. Sie eignen sich moderne Messmethoden an und lernen Rechentechneken kennen, die zur Bearbeitung der Masterarbeit benötigt werden.

Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach

Das nichtphysikalische Wahlpflichtfach mathematischer, naturwissenschaftlicher oder ingenieurwissenschaftlicher Richtung kann aus den Veranstaltungen anderer Fakultäten gewählt werden. Hier werden fachliche Kompetenzen aus benachbarten Disziplinen erlernt, auch um vielfältige Möglichkeiten auf dem Arbeitsmarkt zu eröffnen.

Fortgeschrittenenpraktikum

Im Fortgeschrittenenpraktikum werden moderne experimentelle Methoden und Techniken erlernt. Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene Fähigkeiten bei Versuchsaufbau, Messung und Auswertung der Messdaten.

Hauptseminar

Die Studierenden eignen sich Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie der Vorträge der anderen Teilnehmer an. Sie erlernen das selbstständige Sammeln von wissenschaftlichem Material, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die ansprechende Gestaltung mithilfe moderner Präsentationsmedien, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

Additive überfachliche Qualifikationen

Die Studierenden erwerben Kompetenzen jenseits der fachlichen Expertise. Module in den Bereichen Wissenschaftliches Englisch, Patentrecht, Projektmanagement, Tutorenprogramme, Wissenschaftliches Schreiben oder Wissenschaft in der Öffentlichkeit werden durch das House of Competence (HoC) und das Sprachenzentrum regelmäßig angeboten.

Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten und Spezialisierungsphase

Im Fach „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“ erlernen die Studierenden grundlegende Arbeitsmethoden, die für erfolgreiche wissenschaftliche Forschung erforderlich sind. Die Arbeitsmethoden selbst sind dabei unabhängig vom jeweiligen Spezialgebiet, werden aber anhand einer konkreten Aufgabenstellung (Thema der Masterarbeit) geübt und erlernt. Die Studierenden werden dabei vom zukünftigen Betreuer bzw. von der zukünftigen Betreuerin der Masterarbeit angeleitet. Außerdem besuchen die Studierenden begleitend zu Ihrem Studium Seminare und Kolloquien aus dem Angebot der Physik und verschaffen sich so einen Überblick über aktuelle Forschungsthemen. Dabei lernen sie durch Teilnahme an Fachvorträge zu Spezialthemen, die nicht ihrem Spezialisierungsgebiet angehören, und durch geeignete Fragen an den Vortragenden ihre Kenntnisse zu erweitern.

Im Fach „Spezialisierungsphase“ bearbeitet der bzw. die Studierende selbstständig eine konkrete Aufgabenstellung, die im Zusammenhang mit der zukünftigen Masterarbeit steht. Dies kann z.B. die Durchführung von Messungen, die Erstellung eines Programms oder die Entwicklung eines theoretischen Ansatzes sein. Auf diese Weise erlernen die Studierenden wesentliche Arbeitstechniken für die Bearbeitung ihrer Masterarbeit, die spezifisch für das jeweilige Spezialisierungsgebiet sind. Die Studierenden werden auch dabei vom zukünftigen Betreuer bzw. von der zukünftigen Betreuerin der Masterarbeit angeleitet. Begleitend besuchen die Studierenden das Seminar des Forschungsbereichs, in dem sie ihre Masterarbeit anfertigen werden. Hier können sie auch die von ihnen durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse zur kritischen Diskussion stellen. Sie lernen dabei, ihre eigenen Arbeiten vor Dritten zu präsentieren und Anregungen aus der wissenschaftlichen Diskussion für die weitere Vorgehensweise aufzunehmen.

Masterarbeit:

Die Masterarbeit ist neben dem Schwerpunkt-, dem Ergänzung- und dem Nebenfach zentraler Bestandteil der Profilbildung und Vertiefung. Im Rahmen einer Masterarbeit erwirbt der bzw. die Studierende die Fähigkeit, ein wissenschaftliches Problem selbstständig zu analysieren, geeignete Lösungen zu entwickeln, die Ergebnisse zu interpretieren und die wesentlichen Resultate mittels einer Niederschrift entsprechend darzustellen. Außerdem werden überfachliche Qualifikationen wie geplantes, zielführendes Arbeiten, Messtechnik, Protokollführung, Teamarbeit und Teamverantwortung erworben. Die Masterarbeit wird durch die Einführung in das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten und die Spezialisierungsphase vorbereitet.

Leistungspunkte-System

Die Leistungspunkte werden auf Modulebene einzeln definiert. Dabei entspricht einem ECTS¹- oder Leistungspunkt ca. 30 Stunden Zeitaufwand. Der Zeitaufwand ist im einzelnen aufgeschlüsselt nach reiner Präsenz-, Vor- und Nachbereitungszeit für Vorlesungen, Übungen und Tutorien sowie die Vorbereitung auf eventuell dazugehörige Prüfungen.

¹ ECTS: European Credit Transfer System

Studienplan für den Masterstudiengang Physik

1. Einleitung

Die Studien- und Prüfungsordnung des Masterstudienganges Physik (SPO MA Physik) sieht zum erfolgreichen Abschluss des Studiums den Erwerb von 120 ECTS-Punkten vor. Zur Qualitätssicherung dient eine obligatorische Masterarbeit, mit einer Bearbeitungszeit von 6 Monaten; sie wird mit 30 ECTS-Punkten bewertet. Die Regelstudienzeit beträgt vier Semester einschließlich der Masterarbeit. Mit bestandener Masterprüfung wird der akademische Grad „Master of Science (M. Sc.)“ durch das Karlsruher Institut für Technologie verliehen.

Im Folgenden wird ein Überblick über den Ablauf des Masterstudienganges Physik gegeben. Die expliziten Durchführungsregelungen des Studienganges und der Prüfungen finden sich in der Studien- und Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Physik vom 1. Oktober 2008 und der Änderungssatzung vom 21. April 2011 (siehe Amtliche Bekanntmachungen der Universität Karlsruhe (TH) vom 10. September 2008 und des KIT vom 21. April 2011 sowie der Studien- und Prüfungsordnung vom 6. August 2015; die Dokumente können über die Internetseite der Fakultät für Physik eingesehen werden). Bei Fragen zur Prüfungsordnung, zu Anerkennungen von Leistungen, zum Studieninhalt, oder zur Zulassung und Anmeldung von Prüfungen finden Sie auf dem Informationsblatt „Wer ist zuständig in Fragen zum Studium und in Prüfungsangelegenheiten“ (siehe schwarzes Brett oder Internetseite der Fakultät) den jeweiligen Ansprechpartner. Die detaillierten Beschreibungen der Lehrveranstaltungen und die jeweiligen Regeln der Leistungsüberprüfung finden Sie im Abschnitt „Übersicht über die einzelnen Module“.

2. Lehrveranstaltungen

a) Physikalisches Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfach

Im Zentrum des Masterstudiums stehen eine Vertiefung und Spezialisierung der in einem Bachelorstudium erworbenen Grundkenntnisse und Methoden bei gleichzeitiger Wahrung der fachlichen Breite. Das Masterstudium kann weitgehend nach individuellen Neigungen und Fähigkeiten ausgerichtet werden. Dazu bietet die Fakultät eine Auswahl von sieben physikalischen Themenfeldern an, welche die Forschungsaktivitäten der Fakultät widerspiegeln. Die für die entsprechenden Veranstaltungen hauptsächlich verantwortlichen Institute werden im Folgenden in Klammern aufgeführt. Über aktuelle Forschungsschwerpunkte informieren die Internetseiten der einzelnen Institute.

Die Themenfelder sind gegliedert in den Bereich der experimentellen Physik (Bereich A): Kondensierte Materie (PI, AP), Nano-Physik (PI, AP, TKM, TFP), Optik und Photonik (AP, TFP), Teilchenphysik (EKP) und Astroteilchenphysik (EKP), und aus dem Bereich der theoretischen Physik (Bereich B): Theoretische Teilchenphysik (TTP, TP) sowie Theorie der Kondensierten Materie (TKM, TFP). Aus jeweils einem dieser Themenfelder werden das physikalische Schwerpunktfach im Umfang von 20 ECTS-Punkten, das physikalische Ergänzungsfach mit 14 ECTS-Punkten und das Nebenfach mit 8 ECTS-Punkten zusammengestellt. Mindestens ein Fach muss aus dem Bereich der theoretischen Physik bzw. aus dem Bereich der experimentellen Physik stammen. Ergänzungsfach oder Nebenfach können auch aus geeigneten Veranstaltungen der Geophysik oder der Meteorologie gewählt werden (Bereich C).

Die Fachnoten werden wie folgt gebildet: Nachdem in den entsprechenden Modulen die zugehörigen ECTS-Punkte durch die vereinbarten Erfolgskontrollen erworben worden sind, erfolgt im Fall des Schwerpunktfachs eine mündliche Einzelprüfung, bei der die Fachnote festgelegt wird. Diese erstreckt sich über 20 ECTS-Punkte, falls das Hauptseminar nicht Teil des Schwerpunktfachs ist, ansonsten über 16 ECTS-Punkte. Im Fall des Ergänzungsfachs kann die Note mit Hilfe von Erfolgskontrollen wie beispielsweise mündlichen Prüfungen (Einzel- oder Gruppenprüfungen), kurzen Vorträgen (vorlesungsbegleitend oder blockartig am Ende des Semesters), kurzen schriftlichen Ausarbeitungen begrenzter Themen oder Klausuren ermittelt werden. Bei dem physikalischen Nebenfach erfolgt keine Benotung. Als Erfolgskontrollen sind neben den bereits aufgeführten auch die erfolgreiche Beteiligung an vorlesungsbegleitenden Übungen geeignet.

Die Vorlesungen werden im experimentellen Bereich durch ein Praktikum in moderner Physik ergänzt.

b) Hauptseminar

Seit der SPO 2015 ist ein Hauptseminar im Umfang von 4 ECTS-Punkten in einem der drei Fächer Schwerpunkt-, Ergänzungs-, oder Nebenfach zu wählen. Im Hauptseminar wird in einem der Themenfelder Fachwissen vertieft und insbesondere wissenschaftliche Präsentationstechniken erlernt. Das Hauptseminar ist unbenotet.

c) Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach

Das nichtphysikalische Wahlpflichtfach mathematischer, naturwissenschaftlicher oder ingenieurwissenschaftlicher Richtung (8 ECTS-Punkte) kann aus den Veranstaltungen anderer Fakultäten gewählt werden. Der Prüfungsausschuss veröffentlicht eine entsprechende Liste von pauschal genehmigten Modulen. Andere geeignete Kombinationen aus der Mathematik oder den Natur- und Ingenieurwissenschaftlichen Fächern von 6 SWS Umfang (wovon mindestens 4 SWS Vorlesungen sein sollen) können vom Prüfungsausschuss genehmigt werden. Die Prüfung im nichtphysikalischen Wahlpflichtfach wird in der Regel mündlich durchgeführt.

d) Additive überfachliche Qualifikationen

Neben den integrativen überfachlichen Qualifikationen müssen additive überfachliche Qualifikationen im Umfang von 4 ECTS-Punkten erworben werden. Derzeit werden alle vom HoC und vom Sprachenzentrum angebotenen Veranstaltungen als additive überfachliche Qualifikationen genehmigt. Hiervon abweichende Module müssen vom Prüfungsausschuss explizit genehmigt werden.

e) Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten, Spezialisierungsphase und Masterarbeit

Die Masterarbeit, die im vierten Semester des Masterstudiums stattfindet, wird im dritten Semester durch eine Spezialisierungsphase und eine Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten vorbereitet. In beiden Fächern werden fundierte Grundlagen und (in integrativer Form) überfachliche Qualifikationen des „Wie treibt man Forschung“ vermittelt.

Die Anmeldung zu den Modulen „Spezialisierungsphase“ und „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“ kann erst erfolgen nachdem die Modulprüfungen in folgenden Fächern erfolgreich abgelegt sind: Physikalisches Schwerpunktfach, Physikalisches Ergänzungsfach, Physikalisches Nebenfach, physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum, Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach. Die Anmeldung zur Spezialisierungsphase, zur Einführung in das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten und zur Masterarbeit erfolgt im Prüfungssekretariat der KIT-Fakultät für Physik (Physikhochhaus, Zimmer 9/13). Vor Beginn der Spezialisierungsphase sollen alle anderen Prüfungen bestanden sein.

3. Anmeldung zu Leistungsüberprüfungen und Fachprüfungen

Zentrale online-Anmeldungen sind derzeit nicht möglich. Prüfungsanmeldungen erfolgen im Prüfungssekretariat der KIT-Fakultät für Physik.

Die erfolgreiche Teilnahme an Lehrveranstaltungen wird bei Bedarf über Bescheinigungen bestätigt, die der Dozent ausstellt.

4. Notenbildung

Die Gesamtnote der Masterprüfung errechnet sich aus einem mit Leistungspunkten gewichteten Notendurchschnitt des Schwerpunktfaches (20 ECTS-Punkte), des physikalischen Ergänzungsfaches (14 ECTS-Punkte), des nichtphysikalischen Wahlpflichtfachs (8 ECTS-Punkte) und der Masterarbeit (30 ECTS-Punkte).

5. Organisation der Fächer

Schwerpunktfach (SF)	20 ECTS-Punkte
Ergänzungsfach (EF)	14 ECTS-Punkte

Nebenfach (NF)	8 ECTS-Punkte
Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach (WPF)	8 ECTS-Punkte

Das Schwerpunktfach (SF), das Ergänzungsfach (EF) sowie das Nebenfach (NF) werden aus den Veranstaltungen der Fakultät für Physik zusammengestellt. Es gibt einige wenige Ausnahmen, die in der nachstehenden Liste mit *extern* gekennzeichnet sind.

Grundsätzlich gilt, dass die Studierenden sich erst im Laufe oder nach Abschluss des zweiten Semesters für die Aufteilung der besuchten Veranstaltungen in SF, EF und NF entscheiden müssen. Es müssen aber die nachfolgend aufgeführten, allgemeingültigen Regeln beachtet werden.

Das nichtphysikalische Wahlpflichtfach (WPF) mathematischer, natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Richtung wird aus Veranstaltungen anderer Fakultäten zusammengestellt. Abweichend von der oben genannten Positivliste von Veranstaltungen bzw. bewährten Kombinationen von Veranstaltungen können Studierende andere Veranstaltungen bzw. Kombinationen als WPF beantragen, die nach Prüfung durch den Prüfungsausschuss ggf. genehmigt werden. Vor Beginn des Studiums eines bisher nicht genehmigten Nebenfaches wird daher eine Beratung in der Sprechstunde des Prüfungsausschusses dringend empfohlen.

Schwerpunktfächer (SF)

Themenfelder Bereich A: Experimentelle Physik

- Kondensierte Materie
- Nanophysik
- Optik und Photonik
- Experimentelle Teilchenphysik
- Experimentelle Astroteilchenphysik

Themenfelder Bereich B: Theoretische Physik

- Theoretische Teilchenphysik
- Theorie der Kondensierten Materie

Bei den Schwerpunktfächern gibt es Veranstaltungen, die verpflichtend sind. Diese Pflichtveranstaltungen können dann durch die anderen für dieses Schwerpunktfach aufgeführten Veranstaltungen ergänzt werden.

Ergänzungsfächer (EF)

Ergänzungsfächer setzen sich aus Teilen der Themenfelder zusammen. Beispiele sind Halbleiterphysik und -optik, Experimentelle Teilchenphysik und Datenanalyse, Theoretische Teilchenphysik I und Supersymmetrie etc. Bei den Ergänzungsfächern kann es verpflichtende Veranstaltungen geben.

Nebenfach (NF)

Das Nebenfach besteht in der Regel aus einzelnen Veranstaltungen aus einem der Themenbereiche, z. B. Halbleiterphysik, Teilchenphysik I, Theoretische Teilchenphysik I etc.

Allgemeingültige Regeln für die Auswahl der Fächer und Modulkombinationen:

- Die Prüfenden im SF, EF, NF und WPF müssen verschieden sein.

- Mindestens ein Fach muss aus dem Bereich der Theoretischen Physik bzw. aus der Experimentellen Physik stammen. Falls nur ein einziges experimentelles Themenfeld gewählt wurde, ist es nicht möglich, die notwendigen ECTS-Punkte durch die in diesem Themenfeld gelisteten Theorie-Vorlesungen zu erwerben.
- Aus anderen Fakultäten stammende und stark physiknahe Vorlesungen (z.B. Nichtlineare Optik) können nach Genehmigung durch den Prüfungsausschuss zu einem Fach kombiniert werden.
- Geophysik oder Meteorologie können als EF oder NF (festgelegte Veranstaltungen) gewählt werden. Leistungen, die im Bachelorstudium als Teil des nichtphysikalischen Wahlpflichtfaches erbracht worden sind, können nicht ein weiteres Mal im Masterstudium verwendet werden.
- Für das nichtphysikalische Wahlpflichtfach (WPF) wird eine Positivliste erarbeitet, alle anderen Veranstaltungen sind zustimmungspflichtig.
- Die Note im WPF wird in der Regel in einer mündlichen Prüfung ermittelt.
- Die Regeln für die vorgeschriebenen Veranstaltungen der einzelnen Themenfelder müssen für das EF und SF individuell erfüllt sein.

Bereich A: Experimentelle Physik

Kondensierte Materie

regelmäßige Veranstaltungen	*	SWS	ECTS
Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I (mit/ohne Übungen) <i>Electronic Properties of Solids I (with/without exercises)</i>	WS	v4u1/v4u0	10/8
Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II (mit/ohne Übungen) <i>Electronic Properties of Solids II (with/without exercises)</i>	SS	v2u2/v2u0	8/4
Halbleiterphysik (mit/ohne Übungen) <i>Physics of Semiconductors (with/without exercises)</i>	SS	v4u1/v4u0	10/8
Elektronenmikroskopie I (mit/ohne Übungen) <i>Electron Microscopy I (with/without exercises)</i>		v2u2/v2u0	8/4
Oberflächenphysik (mit/ohne Übungen) <i>Physics of Solid State Surfaces (with/without exercises)</i>		v4u1/v4u0	10/8
Solid-State Optics (mit/ohne Übungen) [ab WS16/17 nur v4u0]	WS	v4u1/v4u0	10/8
weitere Veranstaltungen			
Quantum Information Processing with Solid-State Devices (with/without ext. exercises) [ab WS16/17 nur v2u1]		v2u2/v2u1	8/6
Introduction into Quantum Optics and Quantum Communication		v3u1	8
Kristallographische Grundlagen der Festkörperphysik <i>Fundamentals of Solid State Crystallography</i>	WS	v2u1	6
Kristallstrukturbestimmung <i>Determination of Crystal Structures</i>		v2u1	6
Experimentelle Methoden der Halbleiterphysik <i>Experimental Methods in Semiconductor Physics</i>		v3	6
Supraleiter-Nanostrukturen <i>Superconducting Nanostructures</i>		v2u1	6
Magnetische Resonanz <i>Magnetic Resonance</i>		v2	4
Elektronenmikroskopie II (mit/ohne Übungen) <i>Electron Microscopy II (with/without exercises)</i>		v2u2/v2u0	8/4
Pulverdiffraktometrie <i>Powder Diffraction</i>		v2u1	6
Beschleunigerphysik II: Synchrotronstrahlungsquellen <i>Physics of Accelerators II: Sources of Synchrotron Radiation</i>	WS	v2u1	6
Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (with/without ext. exercises)	WS	v2u2p2/ v2u2	10/8
Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation	WS	v2u2	8
Phasenübergänge – Konzepte und Experimente <i>Phase Transitions – Concepts and Experiments</i>		v2	4
Spintransport in Nanostrukturen <i>Spin Transport in Nanostructures</i>		v2u1	6
Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices		v2u2	8
Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics		v2	4
Molekulare Elektronik <i>Molecular Electronics</i>		v2u1	6

*Semester, in dem die Veranstaltung in der Regel angeboten wird.

Vorgeschriebene Veranstaltung für das SF:

- Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I
ODER
- Halbleiterphysik

Vorgeschriebene Veranstaltung für das EF:

- Eine der Veranstaltungen: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I oder II, Halbleiterphysik, Oberflächenphysik, Solid-State Optics

Nanophysik

regelmäßige Veranstaltungen	*	SWS	ECTS
Grundlagen der Nanotechnologie I <i>Basics of Nanotechnology I</i>	WS	v2	4
Grundlagen der Nanotechnologie II <i>Basics of Nanotechnology II</i>	SS	v2	4
Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I (mit/ohne Übungen) <i>Electronic Properties of Solids I (with/without exercises)</i>	WS	v4u1/v4u0	10/8
Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II (mit/ohne Übungen) <i>Electronic Properties of Solids II (with/without exercises)</i>	SS	v2u2/v2u0	8/4
Halbleiterphysik (mit/ohne Übungen) <i>Physics of Semiconductors (with/without exercises)</i>	SS	v4u1/v4u0	10/8
Oberflächenphysik (mit/ohne Übungen) <i>Physics of Solid State Surfaces (with/without exercises)</i>		v4u1/v4u0	10/8
Elektronenmikroskopie I (mit/ohne Übungen) <i>Electron Microscopy I (with/without exercises)</i>		v2u2/v2u0	8/4
Nano-Optics	WS	v3u1	8
Advanced Optical Materials	WS	v3u1	8
weitere Veranstaltungen			
Experimentelle Biophysik I (ohne/mit Seminar) <i>Experimental Biophysics I (without/with seminar)</i>		v4u2/ v4u2s2	12/14
Experimentelle Biophysik II (ohne/mit Seminar) <i>Experimental Biophysics II (without/with seminar)</i>		v4u2/ v4u2s2	12/14
Elektronenmikroskopie II (mit/ohne Übungen) <i>Electron Microscopy II (with/without exercises)</i>		v2u2/v2u0	8/4
Elektronenoptik (mit/ohne Übungen) <i>Electron Optics (with/without exercises)</i>		v2u1/v2u0	6/4
Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (with/without ext. exercises)	WS	v2u2p2/ v2u2	10/8
Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation	WS	v2u2	8
Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen <i>Electronic Properties of Nanostructures</i>	SS	v3u1	8
Supraleiter-Nanostrukturen <i>Superconducting Nanostructures</i>		v2u1	6
Theorie des Quantentransports in Nanostrukturen <i>Theory of Quantum Transport in Nanostructures</i>		v3u1	8T
Physik der Quanteninformation <i>Theory of Quantum Information</i>		v3u1	8T
Simulation nanoskaliger Systeme (ohne/mit Seminar) <i>Simulation of Nanoscale Systems (without/with seminar)</i>		v2u1/ v2u1s2	6/8T
Theoretische molekulare Biophysik (ohne/mit Seminar) <i>Theoretical Molecular Biophysics (without/with seminar)</i>		v2u1/ v2u1s2	6/8T
Theoretical Optics (Theorie)	SS	v2u1	6T
Theoretical Nanooptics (Theorie)	SS	v2u1	6T
Spintransport in Nanostrukturen <i>Spin Transport in Nanostructures</i>		v2u1	6
Quantum Information Processing with Solid-State Devices (without/with ext. exercises) [ab WS16/17 nur v2u1]		v2u1/v2u2	6/8
Computational Photonics (without/with ext. exercises)		v2u1/v2u2	6/8T
Quantum Optics		v2u1	6T
Quantum Machines: Design and Implementation in solid state devices		v2u2	8
Quantenoptik auf der Nanoskala <i>Quantum Optics at the Nano Scale</i>		v2u0	4

Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen (mit/ohne Übungen) <i>Quantum Optics at the Nano Scale: Basics and Applications (with/without exercises)</i>		v3u1/v3u0	8/6
Molekulare Elektronik <i>Molecular Electronics</i>		v2u1	6

*Semester, in dem die Veranstaltung in der Regel angeboten wird.

Vorgeschriebene Veranstaltungen für das SF:

- Grundlagen der Nanotechnologie I und II UND
- Eine der Veranstaltungen: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, Halbleiterphysik, Oberflächenphysik, Experimentelle Biophysik I oder II

Vorgeschriebene Veranstaltungen für das EF:

- Grundlagen der Nanotechnologie I und II

T: Theorievorlesungen, nicht geeignet, wenn „Nanophysik“ das einzige experimentelle Fach ist

Optik und Photonik

regelmäßige Veranstaltungen	*	SWS	ECTS
Solid-State Optics (mit/ohne Übungen) [ab WS 16/17 nur v4u0]	WS	v4u1/v4u0	10/8
Advanced Optical Materials		v3u1	8
Nano-Optics	WS	v3u1	8
Theoretical Optics (Theorie)	SS	v2u1	6T
Theoretical Nanooptics (Theorie)	SS	v2u1	6T
Molekülspektroskopie (extern) <i>Molecular Spectroscopy (extern)</i>	WS	v2u1	6
Nonlinear Optics (<i>extern</i>)	SS	v2u1	6
Photovoltaik (extern) <i>Photovoltaics (extern)</i>	WS+SS	v3	6
weitere Veranstaltungen			
Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (with/without ext. exercises)	WS	v2u2p2/ v2u2	10/8
Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography (with/without ext. exercises)	SS	v2u2p2/ v2u2	10/8
Experimentelle Biophysik I (ohne/mit Seminar) <i>Experimental Biophysics I (without/with seminar)</i>		v4u2/ v4u2s2	12/14
Experimentelle Biophysik II (ohne/mit Seminar) <i>Experimental Biophysics II (without/with seminar)</i>		v4u2/ v4u2s2	12/14
Lichtoptische Mikroskopie und Nanoskopie <i>Light Optical Microscopy and Nanoscopy</i>		v2	4
Quantum Optics		v2u1	6T
Computational Photonics (without/with ext. exercises)		v2u1/ v2u2	6/8T
Introduction into Quantum Optics and Quantum Communication		v3u1	8T
Quantenoptik auf der Nanoskala <i>Quantum Optics at the Nano Scale</i>		v2u0	4
Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen (mit/ohne Übungen) <i>Quantum Optics at the Nano Scale: Basics and Applications (without/with exercises)</i>		v3u1/ v3u0	8/6

*Semester, in dem die Veranstaltung in der Regel angeboten wird.

Vorgeschriebene Veranstaltungen für das SF:

- Solid-State Optics
UND
- Theoretical Optics

Einschänkungen für das EF:

- maximal eine Veranstaltung aus dem Bereich „weitere Veranstaltungen“
- maximal eine Veranstaltung aus dem externen Angebot

T: Theorievorlesungen, nicht geeignet, wenn „Optik und Photonik“ das einzige experimentelle Fach ist

Experimentelle Teilchenphysik

regelmäßige Veranstaltungen	*	SWS	ECTS
Teilchenphysik I <i>Particle Physics I</i>	WS	v3p2	8
Teilchenphysik II (s.u.) <i>Particle Physics II</i>		v2u1/v2u2	6/8
Moderne Methoden der Datenanalyse (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Modern Methods of Data Analysis (without/with ext. exercises)</i>	SS	v2p2/v2p4	6/8
Elektronik für Physiker <i>Electronics for Physicists</i>	WS	v4p4	10
Elektronik für Physiker: Analogelektronik <i>Electronics for Physicists: Analog Electronics</i>	WS	v2p2	6
Elektronik für Physiker: Digitalelektronik <i>Electronics for Physicists: Digital Electronics</i>	WS	v2p2	6
Beschleunigerphysik I: Teilchenbeschleuniger (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Accelerator Physics I: Particle Accelerators (without/with ext. exercises)</i>	SS	v2u1/ v2u1p2	6/8
Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Measurement Methods and Techniques in Experimental Physics (without/with ext. exercises)</i>	SS	v2u1/ v2u1p2	6/8
Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Detectors for Particle and Astroparticle Physics (without/with ext. exercises)</i>	WS	v2p2/v2p4	6/8
weitere Veranstaltungen			
Teilchenphysik II – Supersymmetrie (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Particle Physics II – Supersymmetry (without/with ext. exercises)</i>		v2u1/v2u2	6/8
Teilchenphysik II – Flavour-Physik (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Particle Physics II – Flavour Physics (without/with ext. exercises)</i>	WS	v2u1/v2u2	6/8
Teilchenphysik II – W, Z, Higgs am Collider (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Particle Physics II – W, Z, Higgs at Colliders (without/with ext. exercises)</i>	SS	v2u1/v2u2	6/8
Teilchenphysik II – Top Quarks und Jets am LHC (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Particle Physics II – Top Quarks and Jets at the LHC (without/with ext. exercises)</i>	SS	v2u1/v2u2	6/8
Teilchenphysik II – Higgs-Physik (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Particle Physics II – Higgs Physics (without/with ext. exercises)</i>		v2u1/v2u2	6/8
Experimente der Neutrino-Physik (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Experiments of Neutrino Physics (without/with ext. exercises)</i>		v2u1/v2u2	6/8

*Semester, in dem die Veranstaltung in der Regel angeboten wird.

Vorgeschriebene Veranstaltungen für das SF:

- Teilchenphysik I und eine Veranstaltung Teilchenphysik II

Vorgeschriebene Veranstaltung für das EF:

- Teilchenphysik I

Es kann entweder Elektronik für Physiker oder eine der Veranstaltungen Analogelektronik bzw. Digitalelektronik als Bestandteil des SF, EF oder NF gewählt werden.

Experimentelle Astroteilchenphysik

regelmäßige Veranstaltungen	*	SWS	ECTS
Astroteilchenphysik I <i>Astroparticle Physics I</i>	WS	v3u1/v3p2	8
Astroteilchenphysik II (s.u.) <i>Astroparticle Physics II</i>		v2u1/v2u2	6/8
Einführung in die Kosmologie <i>Introduction to Cosmology</i>	WS	v2u1	6
Moderne Methoden der Datenanalyse (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Modern Methods of Data Analysis (without/with ext. exercises)</i>	SS	v2p2/v2p4	6/8
Elektronik für Physiker <i>Electronics for Physicists</i>	WS	v4p4	10
Elektronik für Physiker: Analogelektronik <i>Electronics for Physicists: Analog Electronics</i>	WS	v2p2	6
Elektronik für Physiker: Digitalelektronik <i>Electronics for Physicists: Digital Electronics</i>	WS	v2p2	6
Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik <i>Measurement Methods and Techniques in Experimental Physics</i>	SS	v2u1/ v2u1p2	6/8
Beschleunigerphysik I: Teilchenbeschleuniger (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Accelerator Physics I: Particle Accelerators (without/with ext. exercises)</i>	SS	v2u1/ v2u1p2	6/8
Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Detectors for Particle and Astroparticle Physics (without/with ext. exercises)</i>	WS	v2p2/v2p4	6/8
weitere Veranstaltungen			
Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Astroparticle Physics II – Cosmic Rays (without/with ext. exercises)</i>	WS	v2u1/v2u2	6/8
Astroteilchenphysik II – Gamma-Strahlung (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Astroparticle Physics II – Gamma Rays (without/with ext. exercises)</i>	SS	v2u1/v2u2	6/8
Astroteilchenphysik II – Teilchen und Sterne (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Astroparticle Physics II – Particles and Stars (without/with ext. exercises)</i>		v2u1/v2u2	6/8
Experimente der Neutrino-Physik (ohne/mit erweit. Übungen) <i>Experiments of Neutrino Physics (without/with ext. exercises)</i>		v2u1/v2u2	6/8
Neutrino-Physik – Theoretische Aspekte <i>Neutrino Physics – Theoretical Aspects</i>		v2u2	8T
Dunkle Materie – Theoretische Aspekte <i>Dark Matter – Theoretical Issues</i>		v2u1	6T
Allgemeine Relativitätstheorie <i>General Relativity</i>		v3u2	10T

*Semester, in dem die Veranstaltung in der Regel angeboten wird.

Vorgeschriebene Veranstaltungen für das SF:

- Astroteilchenphysik I oder Einführung in die Kosmologie kombiniert mit einer der Veranstaltungen zur
- Astroteilchenphysik II

Vorgeschriebene Veranstaltung für das EF:

- Astroteilchenphysik I oder Einführung in die Kosmologie

T: Theorievorlesungen, nicht geeignet, wenn „Experimentelle Astroteilchenphysik“ das einzige experimentelle Fach ist

Es kann entweder Elektronik für Physiker oder eine der Veranstaltungen Analogelektronik bzw. Digitalelektronik als Bestandteil des SF, EF oder NF gewählt werden.

Bereich B: Theoretische Physik

Theoretische Teilchenphysik

regelmäßige Veranstaltungen	*	SWS	ECTS
Einführung in die Theoretische Teilchenphysik (mit/ohne erw. Übungen) <i>Introduction in Theoretical Particle Physics (with/without ext. exercises)</i>	WS	v3u2/v3u1	10/8
Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen (mit/ohne Übungen) <i>Theoretical Particle Physics I, Fundamentals and Advanced Topics (with/without exercises)</i>	SS	v4u2/v4u0	12/8
Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen (mit/ohne Übungen) <i>Theoretical Particle Physics I, Fundamentals (with/without exercises)</i>	SS	v3u1/v3u0	8/6
Theoretische Teilchenphysik II (mit/ohne Übungen) <i>Theoretical Particle Physics II (with/without exercises)</i>	WS	v4u2/v4u0	12/8
weitere Veranstaltungen			
Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen <i>Introduction to Flavor Physics, Fundamentals and Advanced Topics</i>		v4u2	12
Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen <i>Introduction to Flavor Physics, Fundamentals</i>		v3u2	10
Advanced Topics in Flavour Physics		v2u0	4
Physik jenseits des Standardmodells <i>Physics beyond the Standard Model</i>		v4u2	12
Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model		v3u2	10
QCD und Colliderphysik (mit/ohne Übungen) <i>QCD and Collider Physics (with/without exercises)</i>		v3u1/v2u2	8
Supersymmetrie an Collidern <i>Supersymmetry at Colliders</i>		v2u0	4
Einführung in die Supersymmetrie <i>Introduction to Supersymmetry</i>		v2u1	6
Computational Physics		v2u2	8
Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien <i>Symmetries, Groups and extended Gauge Theories</i>		v4u2	12
Symmetrien und Gruppen <i>Symmetries and Groups</i>		v3u1	8
Pfadintegrale, Renormierungsgruppen und vereinheitlichte Theorien <i>Path Integrals, Renormalization Group and Unified Theories</i>		v3u2	10
Higgs-Phänomenologie <i>Higgs Phenomenology</i>		v3u1	8
Allgemeine Relativitätstheorie <i>General Relativity</i>		v3u2	10
Allgemeine Relativitätstheorie II <i>General Relativity II</i>		v3u2	10
Gravitation und Kosmologie 1 <i>Gravitation and Cosmology 1</i>		v3u2	10
Gravitation und Kosmologie 2 <i>Gravitation and Cosmology 2</i>		v3u2	10
Advanced Topics in Quantum Field Theory		v2u2	8
Physics of Strong Interactions		v2u2	8
Neutrino-Physik – Theoretische Aspekte <i>Neutrino Physics – Theoretical Issues</i>		v2u2	8
Dunkle Materie – Theoretische Aspekte <i>Dark Matter – Theoretical Issues</i>		v2u1	6
Effektive Feldtheorien <i>Effective Field Theories</i>		v2u2	8

*Semester, in dem die Veranstaltung in der Regel angeboten wird.

Vorgeschriebene Veranstaltung für das SF:

- Theoretische Teilchenphysik I mit 8 oder 12 ECTS-Punkten

Theorie der Kondensierten Materie

regelmäßige Veranstaltungen	*	SWS	ECTS
Theorie der kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen <i>Condensed Matter Theory I, Fundamentals and Advanced Topics</i>	WS	v4u2	12
Theorie der kondensierten Materie I, Grundlagen <i>Condensed Matter Theory I, Fundamentals</i>	WS	v3u1	8
Theorie der kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen <i>Condensed Matter Theory II: Many-Body Theory, Fundamentals and Advanced Topics</i>	SS	v4u2	12
Theorie der kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen <i>Condensed Matter Theory II: Many-Body Theory, Fundamentals</i>	SS	v3u1	8
Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen <i>Condensed Matter Theory II: Many-Body Theory, selected topics</i>		v1u0	2
Theorie der Kondensierten Materie IIa: (s.u.) <i>Condensed matter theory IIa:</i>		v3u1	8
<i>TKM IIa (mind. eine wird regelmäßig angeboten)</i>			
Theorie des Quantentransports in Nanostrukturen <i>Theory of Quantum Transport in Nanostructures</i>		v3u1	8
Physik der Quanteninformation <i>Theory of Quantum Information</i>		v3u1	8
Theorie der Supraleitung <i>Theory of Superconductivity</i>		v3u1	8
Theorie des Magnetismus <i>Theory of Magnetism</i>		v3u1	8
<i>Computational Condensed Matter Theory (without/with exercises)</i> [nur WS15/16]		v3u0/v3u1	6/8
<i>weitere Veranstaltungen</i>			
Feldtheorien der kondensierten Materie <i>Field Theories of Condensed Matter</i>		v4u0/v3u1	8
Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory		v3u1	8
Theoretische molekulare Biophysik (ohne/mit Seminar) <i>Theoretical Molecular Biophysics (without/with seminar)</i>		v2u1/ v2u1s2	6/8
Quantum Physics in One Dimension		v3u1	8
Simulation nanoskaliger Systeme (ohne/mit Seminar) <i>Simulation of Nanoscale Systems (without/with seminar)</i>		v2u1/ v2u1s2	6/8
Theoretical Nanooptics	SS	v2u1	6
Field Theories of Disordered Systems [nur WS15/16]		v4	8
The ABC of DFT		v2u1	6
Quantum Optics		v2u1	6

*Semester, in dem die Veranstaltung in der Regel angeboten wird.

Vorgeschriebene Veranstaltung für das SF:

- Theorie der Kondensierten Materie I mit 8 oder 12 ECTS-Punkten

Bereich C: Veranstaltungen der Geophysik und Meteorologie

Geeignet für das physikalische Ergänzungs- oder Nebenfach

Geophysik

Die folgenden Lehrveranstaltungen sind Bestandteil des Masterstudiengangs Geophysik und werden im jährlichen Turnus in englischer Sprache angeboten:

Regelmäßige angebotene Veranstaltungen		SWS	ECTS
Physik seismischer Messinstrumente <i>Physics of Seismic Instruments</i>	WS	v2u1	6
Seismologische Signalverarbeitung <i>Seismological Signal processing</i>	WS	u2	4
Array Processing	WS	v1u1	4
Reflexionsseismisches Processing <i>Seismic Imaging</i>	WS	v2u2	8
Theorie seismischer Wellen <i>Theory of Seismic Waves</i>	SS	v2u1	6
<i>Seismic Full Waveform Inversion</i>	SS	v1u1	4
Inversion und Tomographie <i>Inversion and Tomography</i>	SS	v2u2	8

Die folgenden Lehrveranstaltungen sind Bestandteil des Wahlbereichs des Masterstudiengangs Geophysik und werden in unregelmäßigen Abständen angeboten:

Weitere Veranstaltungen		SWS	ECTS
Naturgefahren und Risiken <i>Geological Hazards and Risks</i>		v2u2	8
Simulation seismischer Wellen <i>Simulation of Seismic Waves</i>		v2u1	6
Physik der Lithosphäre <i>Physics of the Lithosphere</i>			3
Geodynamische Modellierung 1 <i>Geodynamic Modeling 1</i>			2
Geodynamische Modellierung 2 <i>Geodynamic Modeling 2</i>			2
Einführung in die Vulkanologie <i>Introduction to Volcanology</i>			4
Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs* <i>Geophysical Deep Sounding at Volcanoes and the Example of the Vogelsberg</i>			4
Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane* <i>Hazard and Risk Assessment of Mediterranean Volcanoes</i>			6
Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern* <i>Geophysical Investigation of Volcanic Fields</i>			4
Induzierte Seismizität <i>Induced Seismicity</i>			5

* Voraussetzung für dieses Modul ist die erfolgreiche Teilnahme an "Einführung in die Vulkanologie"

Meteorologie

"Theoretische Meteorologie I (TM I)" kann Teil des nicht-physikalischen Wahlpflichtfachs (WPF) im Bachelorstudiengang Physik sein. Falls das der Fall ist, kann die Veranstaltung nicht Teil des NF oder EF im Masterstudiengang sein.

Im Masterstudiengang Meteorologie sind die meteorologischen Veranstaltungen in den 4 Modulen

- Komponenten des Klimasystems
- Atmosphärische Prozesse
- Experimentelle Meteorologie
- Angewandte Meteorologie

zusammengefasst. Als Teil des NF oder EF (nach den unten spezifizierten Regeln) sind alle bis auf folgende Veranstaltungen erlaubt:

- Experimentelle Meteorologie: Fortgeschrittenenpraktikum
- Experimentelle Meteorologie: Exkursion
- Angewandte Meteorologie: Methoden der Datenanalyse

Aus dem Wahlbereich des Masterstudiengangs Meteorologie sind folgende Veranstaltungen möglich:

- Physics of Planetary Atmospheres

Meteorologie als Nebenfach:

- TM I ist nicht Teil des WPF im Studiengang Bachelor Physik:
 - TM I (6 LP) + 1 Mastervorlesung (2 LP)
- TM I ist Teil des WPF im Studiengang Bachelor Physik
 - TM II (3 LP) + Mastervorlesungen im Umfang von mindestens 5 LP

Meteorologie als Ergänzungsfach:

- TM I ist nicht Teil des WPF im Studiengang Bachelor Physik:
 - TM I+II (6 + 3 LP) + 2 LP (Prüfung)
+ Mastervorlesungen im Umfang von mindestens 2 LP + 1 LP Prüfung
 - TM I (6 LP) + 1 LP (Prüfung)
+ Mastervorlesungen im Umfang von mindestens 6 LP + 1 LP Prüfung
- TM I ist Teil des WPF im Bachelor Physik:
 - TM II+ III + IV (3+6+3 LP) + 2 LP (Prüfung)
 - TM II (3 LP) + 1 LP (Prüfung)
+ Mastervorlesungen im Umfang von mindestens 9 LP + 1 LP Prüfung
Diese Veranstaltungen dürfen aus maximal 2 der oben aufgeführten 4 Modulen sein.
- Synoptik I + II + Fortgeschrittene Numerische Wettervorhersage (6+4+2 LP) + 2 LP (Prüfung)

Graphische Darstellung des Studienplans

Sem							CP
1	Physikalisches Schwerpunktfach 8	Physikalisches Ergänzungsfach 8	Physikalisches Nebenfach * 8	Fortgeschrittenen- praktikum * P4 6			30
2	Physikalisches Schwerpunktfach 12	Physikalisches Ergänzungsfach 6			WPF * V4Ü2 8	Überfachliche Qualifikationen * 4	30
3	Spezialisierungsphase (3 Monate) 15		Einführung in das wiss. Arbeiten (3 Monate) 15				30
4	Masterarbeit (6 Monate) 30						30
	Summe						120

* Das Physikalisches Nebenfach, Fortgeschrittenenpraktikum, das Nichtphysikalische Wahlpflichtfach sowie die Überfachlichen Qualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

Übersicht über die einzelnen Module

Wintersemester 2018/19

Modul: Hauptseminar

Lehrveranstaltungsnummer: Die Nummer des individuell ausgewählten Seminars

Modulverantwortliche: Dozenten der Physik

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er je nach Veranstaltung

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 4

Semesterwochenstunden: 2

Arbeitsaufwand:

120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung (30 Stunden) sowie Vorbereitung des eigenen Vortrags inkl. Probevortrag (60 Stunden)

Modulturnus: jedes Semester

Moduldauer: ein Semester

Lehr- und Lernformen: Seminar

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: keine

Qualifikationsziele:

Es werden wissenschaftliche Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie den Vorträgen der anderen Teilnehmer erlernt. Dies beinhaltet die selbständige Sammlung an wissenschaftlichen Materials, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die Foliengestaltung, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

Inhalt:

Nebst den Präsentationstechniken werden je nach Themenwahl spezielle wissenschaftliche Themen bis hin zum aktuellen Forschungsstand vermittelt.

Literatur:

Neben Lehrbüchern zu den Spezialthemen werden insbesondere wissenschaftliche Fachartikel verwendet.

Leistungsnachweis:

Regelmäßige Anwesenheit sowie eigener Vortrag.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudenten

Lehrveranstaltungsnummer: 4011333

Modulverantwortliche: Naber, Andreas; Sürgers, Christoph; Wolf, Joachim

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Moderne experimentelle Physik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 4

Arbeitsaufwand:

5 Versuche, 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Vorbereitung, Auswertung der Versuche und Anfertigen der Protokolle (120).

Modulturnus: jedes Semester

Moduldauer: ein Semester

Lehr- und Lernformen: Praktikum

Voraussetzungen: keine

Bedingungen:

Verpflichtende Teilnahme an Vorbesprechung mit Sicherheitsunterweisung und Strahlenschutzbelehrung.

Empfehlungen: keine

Qualifikationsziele:

Erlernen moderner experimenteller Methoden und Techniken sowie Vermittlung fortgeschrittener Fähigkeiten bei Versuchsaufbau, Messung und Auswertung.

Inhalt:

Versuche aus den Bereichen Atomphysik, Kernphysik, Festkörperphysik, Biophysik und Moderner Optik / Quantenoptik. Eine Liste der Versuche ist unter <http://www.physik.kit.edu/Studium/F-Praktika/> zu finden.

Literatur:

Lehrbücher der Experimentalphysik. Spezielles Material für jeden einzelnen Versuch wird bereitgestellt.

Leistungsnachweis:

Die Leistungsnachweise müssen für jeden einzelnen Versuch erbracht werden. Dazu zählen Vorbereitung, Durchführung, Auswertung und Anfertigen eines Protokolls. Zum Bestehen des Praktikums ist es erforderlich, dass alle Versuche durchgeführt und die Protokolle von den jeweiligen Betreuern anerkannt werden. Für Details siehe <http://www.physik.kit.edu/Studium/F-Praktika/> .

Notenbildung:

Unbenotete Veranstaltung

Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I

Lehrveranstaltungsnummer: 4021011

Modulverantwortliche: Le Tacon, Matthieu; Weber, Frank

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Kondensierte Materie, Nanophysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 10 oder 8

Semesterwochenstunden: 5 (v4u1) oder 4 (v4u0)

Arbeitsaufwand:

300 bzw. 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 bzw. 60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (225 bzw. 180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4021011 Vorlesung 4 SWS; Matthieu Le Tacon, Frank Weber

4021012 Übung 1 SWS; Matthieu Le Tacon, Frank Weber

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, sowie der Thermodynamik und Statistischen Physik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele:

Die Studierenden sollen die Konzepte zur Beschreibung der elektronischen Eigenschaften von Festkörpern kennen lernen, insbesondere bei starken Elektron-Elektron und magnetischen Wechselwirkungen, sowie die wichtigsten experimentellen Methoden, auf deren Basis diese Konzepte erstellt bzw. verifiziert werden.

Inhalt:

The lecture will be in English!

1. Phasenübergänge
2. Metalle und Isolatoren
3. Atomarer Magnetismus und magnetische Wechselwirkungen
4. Magnetische Strukturen
5. Konventionelle und unkonventionelle Supraleitung

Literatur:

N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Solid state physics

H. Ibach, H. Lüth: Festkörperphysik

C. Kittel: Introduction to solid state physics

S. Blundell: Magnetism in Condensed Matter

R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Elektronenmikroskopie II

Lehrveranstaltungsnummer: 4027021

Modulverantwortliche: Gerthsen, Dagmar

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Kondensierte Materie, Nanophysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8 (Vorlesung 4, praktische Übung 4)

Semesterwochenstunden:

4 (v2u2) oder 2 (v2u0); 2 pro Woche für die Vorlesung und insgesamt 24 Stunden pro Semester für die Praktikumsversuche.

Arbeitsaufwand:

240 Stunden: Präsenzzeiten 54 Stunden, davon 30 Stunden für die Vorlesung und 24 Stunden für die Praktikumsversuche. Die restlichen Stunden dienen der Vorbereitung auf die Versuche, Anfertigung von Praktikumsprotokolle, Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und der Vorbereitung auf die Prüfung.

Modulturnus: jedes 2. Semester (z. Zt. WS)

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4027021 Vorlesung, 2 SWS; D. Gerthsen

4027022 Übungen, 2 SWS; D. Gerthsen und Mitarbeiter

Voraussetzungen:

keine, die Vorlesungen Elektronenmikroskopie I und II sind unabhängig voneinander

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik und Werkstoffkunde

Lernziele:

Die Studierenden sollen die Bildentstehung in der Rasterelektronenmikroskopie und Rasterionenmikroskopie, Nanostrukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen sowie analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (chemische Analyse, elektronische Eigenschaften) verstehen und erklären können. Anhand von Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik sollen Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Verfahren erkannt werden. Die Studierenden sollen beurteilen können, welche Methode(n) für spezifische Fragestellungen aus der Mikro- und Nanocharakterisierung geeignet ist (sind).

In den Praktischen Übungen werden die theoretischen Konzepte aus der Vorlesung sowie Abbildungsmodi in der Rasterelektronenmikroskopie und Rasterionenmikroskopie durch Arbeit in kleinen Gruppen visualisiert, geübt und vertieft. Die Studierenden sollen in der Lage sein, ein Rasterelektronenmikroskop für einfache Anwendungen zu justieren.

Inhalt:

Rasterelektronenmikroskopie, Abbildung und Strukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen, analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (energiedispersive Röntgenspektroskopie und Elektronenenergieverlustspektroskopie)

Literatur: Wird in der Vorlesung benannt

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer

Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Beschleunigerphysik II: Synchrotronstrahlungsquellen

Lehrveranstaltungsnummer: 4028011

Modulverantwortliche: Bernhard, Axel; Müller, Anke-Susanne

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Kondensierte Materie

Level: Master

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3 (v2u1)

Arbeitsaufwand:

180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4028011 Vorlesung, 2 SWS; A. Bernhard; A.-S. Müller

4028012 Übung, 1 SWS; J. Gethmann; A.-S. Müller

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse in der Elektrodynamik werden vorausgesetzt; Vorkenntnisse aus der Beschleunigerphysik 1 sind nützlich.

Qualifikationsziele:

Nach Besuch der Veranstaltung können Sie die wesentlichen Eigenschaften der Synchrotronstrahlung darstellen und die physikalischen Grundlagen sowie die wichtigsten technische Konzepte zu ihrer Erzeugung beschreiben. Sie sind in der Lage, die wichtigsten Kenngrößen der Strahlungscharakteristik einer gegebenen Synchrotronstrahlungsquelle zu berechnen. Sie können Konzepte zur Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Teilchenensemble und der von ihnen erzeugten Strahlung im Beschleuniger darstellen. Auf dieser Grundlage sind Sie in der Lage, Kriterien für die Optimierung von Beschleunigern für die Strahlungserzeugung aufzustellen sowie die Funktionsweise des Freie-Elektronen-Lasers zu beschreiben.

Inhalt:

Physik der Synchrotronstrahlung (Elektrodynamik bewegter Punktladungen, Eigenschaften der normalen Synchrotronstrahlung)

Wiggler und Undulatoren (Physik und Eigenschaften der Undulatorstrahlung, magnetotechnologische und strahldynamische Aspekte)

Strahldynamik unter Einfluss von Synchrotronstrahlung (Hamiltonsche Formulierung der Strahldynamik, Hamilton-Vielteilchensysteme, Vlasov- und Fokker-Planck-Gleichung, Strahlungsdämpfung und -anregung)

Freie-Elektronen-Laser

Literatur (Auswahl):

H. Wiedemann: Particle Accelerator Physics 1&2, Springer, 3. Aufl., 2003

A. Hofmann: The Physics of Synchrotron Radiation, Cambridge Univ. Press, 2004

P. Schmüser, M. Dohlus, J. Rossbach, Ultraviolet and Soft X-Ray Free Electron Lasers, Springer, 2010

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering

Lehrveranstaltungsnummer: 4028061

Modulverantwortliche: Baumbach, Tilo

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfelder: Nanophysik, Optik und Photonik, Kondensierte Materie

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 10 oder 8

Semesterwochenstunden: 6 (v2u2p2) oder 4 (v2u2p0)

Arbeitsaufwand:

300 bzw. 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 bzw. 60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (225 bzw. 180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4028061 Vorlesung, 2 SWS; Baumbach, Tilo

4028062 Übung, 2 SWS; Baumbach, Tilo

4028063 Praktikum, 2 SWS; Baumbach, Tilo

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik, Quantenmechanik und Basiswissen zur Festkörperphysik

Qualifikationsziele:

Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Röntgenphysik als Vertiefung von Themen der Wellenoptik und der Kondensierten Materie eingeführt werden. Er/Sie soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen moderner im Ortsraum und im reziproken Raum abbildender Röntgenmessmethoden verstehen und anwenden lernen.

Die Vorlesung und die Übungen stellen darüber hinaus die Verbindungen zu wichtigen Anwendungsgebieten dieser Methoden her. Die Übungen sollen die Studierenden befähigen, Röntgenexperimente an Großgeräten vorzubereiten und mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

Inhalt:

Einführung in die moderne Röntgenphysik. Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Röntgenbeugung und -streuung.

Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (an Synchrotronspeicherringen, Freien Elektronenlasern).

Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie und den Nanowissenschaften

Die Übungen enthalten optional die Möglichkeit der betreuten Durchführung von drei Experimenten an modernsten Röntgengeräten der Nationalen Synchrotronstrahlungsanlage ANKA am KIT CN.

Literatur:

J. Als-Nielsen, D. McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd

M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)

J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation

Lehrveranstaltungsnummer: 4028071

Modulverantwortliche: Baumbach Tilo; Stankov, Svetoslav

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Kondensierte Materie, Nanophysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4 (v2u2)

Arbeitsaufwand:

240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4028071 Vorlesung 2 SWS; Stankov, Svetoslav, Baumbach Tilo

4028072 Übung 2 SWS; Stankov, Svetoslav; Kalt, Jochen

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele:

Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Kernresonanz-Streuung mit Synchrotronstrahlung eingeführt werden. Er soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen spektroskopischer Röntgenmessmethoden verstehen und lernen, sie auf festkörperphysikalische Fragestellungen der Nanowissenschaften (Magnetismus, Diffusion und Gitterdynamik) anzuwenden.

Inhalt:

Die Vorlesung schlägt eine Brücke zwischen der Festkörperphysik und den auf Kernresonanzstreuung basierenden Methoden für die Untersuchung elektronischer und magnetischer Schwingungen, Gitterschwingungen und Diffusionsphänomenen in dünnen Filmen und Nanostrukturen. Die folgenden Themen werden vorgestellt und diskutiert: Eine kurze Einführung in die Theorie der Synchrotronstrahlung, Röntgenoptiken, Detektoren und Elektronik; Kernresonanzstreuung der Synchrotronstrahlung; Hyperfinewechselwirkungen, Gitterschwingungen und atomare Diffusion untersucht mittels *in situ* Kernresonanzstreuung.

Literatur:

D. Attwood "Soft X-Rays and Extreme Ultraviolet Radiation: Principles and Applications", Cambridge University Press 1999

R. Röhlberger "Nuclear Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation" Springer Tracts in Modern Physics, Vol. 208, Springer, Berlin 2004

S. Stankov et al. "*In-situ* Mössbauer spectroscopy with synchrotron radiation on thin films", a book chapter in "Mössbauer Spectroscopy: Applications in Chemistry, Biology, Industry, and Nanotechnology", ed. V. K. Sharma, G. Klingelhofer and T. Nishida, John Wiley & Sons 2013

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Molekulare Elektronik

Lehrveranstaltungsnummer: 4021021

Modulverantwortliche: Wulfhekel, Wulf

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Kondensierte Materie, Nanophysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3 (V2Ü1)

Arbeitsaufwand:

180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

Modulturnus: unregelmäßig

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4021021 Vorlesung 2 SWS; Wulfhekel, Wulf, Gerhard, Lukas

4021022 Übung 1 SWS; Wulfhekel, Wulf, Gerhard, Lukas

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus, Quantenmechanik, Festkörperphysik

Qualifikationsziele:

Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet des elektronischen Transports in molekularen Systemen, lernen grundlegende Konzepte des Ladungs-, Spin- und Wärmetransports in nanoskopischen Systemen, sowie deren Dynamik. Sie erwerben Kenntnisse zum Stand der Forschung und der Anwendung molekularer Elektronik.

Inhalt:

Molekulare Bindung, molekulare Orbitale, Lokalisierung und Delokalisierung von Ladungsträgern, Adsorption und elektronische Wechselwirkung zwischen Molekülen und Leitern, Selbstenergie, Landauer-Büttiker Ladungstransport, Spintransport, Spin-Bahn Wechselwirkung, Kondo Effekt, Steven's Operatoren und Zero-Field-Splitting, Wärmetransport, Seebeck Effekt, Memrisors

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Grundlagen der Nanotechnologie I

Lehrveranstaltungsnummer: 4021041

Modulverantwortliche: Goll, Gernot

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Nanophysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 4

Semesterwochenstunden: 2 (v2u0)

Arbeitsaufwand:

120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (90 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4021041 Vorlesung, 2 SWS; G. Goll

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und der Quantenmechanik werden erwartet.

Qualifikationsziele:

Der Studierende vertieft sein Wissen auf einem Gebiet der Nanophysik, beherrscht die relevanten theoretischen Konzepte und ist mit grundlegenden Techniken und Messmethoden der Nano-Analytik und der Lithographie vertraut.

Inhalt:

Einführung in zentrale Gebiete der Nanotechnologie;

Vermittlung der konzeptionellen, theoretischen und insbesondere methodischen Grundlagen:

- Methoden der Abbildung und Charakterisierung (Nanoanalytik) Grundlegende Konzepte der Elektronenmikroskopie und der damit verbundenen analytischen Möglichkeiten werden einführend behandelt. Rastersondenverfahren wie die Tunnel- und die Kraftmikroskopie zur Untersuchung und Abbildung leitfähiger bzw. isolierender Probenoberflächen werden diskutiert. Ergänzend werden spektroskopische Möglichkeiten der Rastersondenverfahren erläutert.
- Methoden der Herstellung von Nanostrukturen (Lithographie und Selbstorganisation) Entlang der einzelnen Prozessschritte von der Belackung über die Belichtung bis hin zur Strukturübertragung durch Ätzen und Bedampfen werden die eingesetzten Methoden erläutert, deren Einsatzgrenzen diskutiert und aktuelle Entwicklungen aufgezeigt.

Die Vorlesung „Nanotechnologie II“ behandelt im Sommersemester Anwendungsgebiete und aktuelle Forschungsthemen.

Literatur:

Zur Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes wird auf verschiedene Lehrbücher sowie Original- und Übersichtsartikel verwiesen. Eine ausführliche Liste wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Supraleiter-Nanostrukturen

Lehrveranstaltungsnummer: 4021031

Modulverantwortliche: Beckmann, Detlef

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Kondensierte Materie, Nanophysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3 (v2u1)

Arbeitsaufwand:

180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

Modulturnus:

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4020021 Vorlesung, 2 SWS; D. Beckmann

4020022 Übung, 1 SWS; D. Beckmann

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele:

Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Supraleitung eingeführt werden, und deren Anwendung auf Transporteigenschaften in Nanostrukturen verstehen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme aus diesem Themenfeld lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

Inhalt:

In der Vorlesung werden zunächst die Grundlagen der Supraleitung besprochen (BCS-Theorie). Diese werden angewandt auf elektronische Transporteigenschaften von Nanostrukturen, deren Abmessungen mit der Kohärenzlänge der Supraleitung vergleichbar sind. Dabei werden die wesentlichen Transportprozesse (Tunneln, Andreevreflexion, Josephson-Effekt) behandelt, die Konkurrenz von Supraleitung mit anderen Grundzuständen (normales Metall, Ferromagnet) diskutiert (Proximity-Effekt), und deren Wechselspiel in komplexen Nanostrukturen beleuchtet. Die Grundlagen werden durch zahlreiche Beispiele aus der aktuellen Forschung illustriert.

Literatur: Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Nano-Optics

Lehrveranstaltungsnummer: 4020021

Modulverantwortliche: Naber, Andreas

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Nanophysik, Optik und Photonik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4 (v3u1)

Arbeitsaufwand:

240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4020021 Vorlesung, 3 SWS; A. Naber

4020022 Übung, 1 SWS; A. Naber

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse in Optik

Qualifikationsziele:

The students

- improve their understanding of general principles in electrodynamics and optics
- have a deeper understanding of the theoretical background in optical imaging and its relation to phenomena on a nanoscale
- are familiar with conventional techniques in optical microscopy and make use of their knowledge for the understanding of nano-optical methods
- realize the necessity of completely new experimental concepts to overcome the constraints of classical microscopy in the exploration of optical phenomena beyond the diffraction limit
- understand the basics of different experimental approaches for optical imaging on a nanoscale
- are able to discuss pros and cons of these techniques for applications in different fields of physics and biology
- are aware of the importance of nano-optical methods for the elucidation of long-standing interdisciplinary issues

Inhalt:

The lecture gives an introduction to theory and instrumentation of advanced methods in optical microscopy. Emphasis is laid on far- and near-field optical techniques with an optical resolution capability on a 10- to 100-nm-scale which is well below the principal limit of classical microscopy. Applications from different scientific disciplines are discussed (e.g., nano-antennas, single-molecule detection, plasmon-polariton propagation on metal surfaces, imaging of biological cell compartments including membranes).

Literatur: Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Quantum Optics

Lehrveranstaltungsnummer: 4023011

Modulverantwortliche: Rockstuhl, Carsten

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Optik und Photonik, Nanophysik, Theorie der Kondensierten Materie

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3 (v2u1)

Arbeitsaufwand:

180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135).

Modulturnus:

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4023011 Vorlesung, 2 SWS; C. Rockstuhl, C. Lee

4023012 Übung, 1 SWS; C. Rockstuhl, C. Lee

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Interest in theoretical physics, good knowledge in quantum mechanics and electrodynamics/optics

Qualifikationsziele:

The students shall learn to appreciate that quantum optics has been a framework to understand properties of light, which can by no means described with a classical theory, shall learn how to apply various methods from quantum mechanics to specific situation of quantum optics in general and to the description of the light-matter-interaction in specific, shall learn that there are fascinating opportunities to study with micro- and nanooptical systems various quantum optical phenomena, and shall appreciate that even though much of the current research is done out of intellectual curiosity, there are many application perspectives that promise to have a notable impact to our daily life.

Inhalt:

Quantization of the electromagnetic field. Various quantum states of light fields: optical photon-number, coherent, squeezed, Schrödinger's cat states. Classical and quantum coherence theory: photon bunching and antibunching. Quantum description of optical interferometry: Mach-Zehnder interferometer with photons. General description of open quantum system: master equation, Heisenberg-Langevin, and stochastic approaches. Optical test of quantum mechanics: Hong-Ou-Mandel, quantum eraser, and Bell's theorem experiments. Interaction of a single atom with a classical or a quantum field. From Rabi model to Jaynes-Cummings model: the most simplest model to describe the light-matter interaction. Quantum master equation approach: description of finite life time of atoms. Weak and strong couplings (spontaneous emission, Purcell effect, resonance fluorescence, lasers, and Rabi oscillation). Interaction of an ensemble of atoms with a quantum field (Dicke and Tavis-Cummings models, and superradiance). Quantum optical applications (quantum cryptography, quantum teleportation, quantum metrology, etc.).

Literatur:

C. Gerry and P. Knight, *Introductory Quantum Optics*.

M. O. Scully and M. S. Zubairy, *Quantum Optics*.

M. Fox, *Quantum Optics: An Introduction*.

R. Loudon, *The Quantum Theory of Light*.

D.F. Walls and G. J. Milburn, *Quantum Optics*.

P. Meystre and M. Sargent, *Elements of Quantum Optics*.

W. Schleich, *Quantum Optics in Phase Space*.

More suggestions on suitable literature will be given in the lecture. Additionally, a script is made available.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung: Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Solid-State Optics

Lehrveranstaltungsnummer: 4020011

Modulverantwortliche: Kalt, Heinz; Hetterich, Michael

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Optik und Photonik, Kondensierte Materie

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4 (v4u0)

Arbeitsaufwand:

240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4020011 Vorlesung / Lecture 4 SWS (in English)

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Basic knowledge in solid-state physics and quantum mechanics

Qualifikationsziele:

The students

- know the basic interaction processes between light and matter and are familiar with the polariton concept
- can explain the optical properties of insulators, semiconductors (including quantum structures), and metals
- comprehend the concept of the dielectric function and can utilize it to calculate relevant optical quantities (reflectance etc.)
- are familiar with the classical Drude–Lorentz model and its implications for the optical properties of insulators and metals (e.g., resulting dispersion, longitudinal and transverse eigenfrequencies, Reststrahlen bands, plasma frequency, etc.)
- understand the relation between classical and quantum-mechanical models for the dielectric function (e.g., concerning the oscillator strength) as well as the importance of the Kramers–Kronig relations
- can explain near band-edge spectra (absorption, reflection, luminescence) of semiconductors and insulators based on the concepts of joint density of states, oscillator strength, as well as excitonic effects
- are familiar with experimental techniques for the measurement of optical functions like grating/prism monochromators, set-ups for absorption, reflectance and luminescence measurements, basics of ellipsometry, Fourier, Raman, and modulation spectroscopy
- understand the origin of different optical nonlinearities and high-excitation effects as well as their mathematical description
- know the most important nonlinear optical effects (e.g., second-harmonic generation, parametric amplification, etc.), the problems involved (e.g., phase matching, choice of materials) and can apply their knowledge
- comprehend the basics of group theory and can apply it to solid-state optics, e.g., for the derivation of optical selection rules

Inhalt:

Maxwell's equations, refractive index, dispersion, dielectric function, extinction, absorption, reflection, continuity conditions at interfaces, anisotropic media and layered systems, Drude–Lorentz model, reststrahlen bands, Bloch states and band structure, perturbation theory of light–matter interaction, band to band transitions, joint density of states, van Hove singularities, phonon and exciton polaritons, plasmons, metals, semiconductor heterostructures, low-dimensional systems, group theory and selection rules, nonlinear optics, high-excitation effects in semiconductors, measurement of optical functions: Fourier spectroscopy, ellipsometry, modulation spectroscopy, photoluminescence, reflectometry, absorptivity.

Literatur:

C. Klingshirn: Semiconductor Optics (Springer)

F. Wooten: Optical Properties of Solids (Academic Press)

P.K. Basu: Theory of optical processes in semiconductors (Clarendon Press, Oxford)

H. Ibach and H. Lüth, Solid-State Physics

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Computational Photonics

Lehrveranstaltungsnummer: 4023021

Modulverantwortliche: Rockstuhl, Carsten

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Optik und Photonik, Nanophysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8 oder 6

Semesterwochenstunden: 4 (v2u2), 3 (v2u1)

Arbeitsaufwand:

240 bzw. 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 bzw. 45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 bzw. 135 Stunden).

Modulturnus:

Moduldauer: Ein Semester

4023021 Vorlesung, 2 SWS; C. Rockstuhl

4023022 Übung, 1 oder 2 SWS; C. Rockstuhl, X. Garcia-Santiago

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Interest in theoretical physics, optics and electrodynamics. Moreover, interest in computational aspects is important.

Qualifikationsziele:

The students can use a computer to solve optical problems and can use a computer to visualize details of the light matter interaction, know different strategies to solve Maxwell's equations on rigorous grounds, know how spatial symmetries and the arrangement of matter in space can be used to formulate Maxwell's equations such that they are amenable for a numerical solution, can implement programs with a reasonable complexity by themselves, can use a computer to discuss and explore optical phenomena, and are familiar with basic computational strategies that emerge in photonics, but comparably in any other scientific discipline as well.

Inhalt:

Transfer Matrix Method to describe the optical response from stratified media

Finite Differences to characterize eigenmode in fiber waveguides

Beam propagation method to describe the evolution of light in the realm of integrated optics

Grating methods to predict reflection and transmission from periodically arranged material in 1D and 2D

Mie Theory to describe the scattering of light from individual cylindrical or spherical objects

Finite-Difference Time-Domain method as a general purpose tool to solve micro- and nanooptical problems

Multiple Multipole Method as an approach to describe light scattering from single objects with an arbitrary shape

Greens' Methods to discuss equally the scattering from single objects but embedded in an inhomogeneous background

Boundary Integral Method to discuss scattering from objects highly efficient using expressions for the fields on the surface

Literatur:

"Classical Electrodynamics" John David Jackson

"Theoretical Optics: An Introduction" Hartmann Römer

"Principles of Optics" M. Born and E. Wolf

"Computational Electro-magnetics: The Finite- Difference Time Domain Method," A. Taflov and S. C. Hagness

"Light Scattering by Small Particles" H. C. van de Hulst

Specific references for the individual topics will be given during the lectures.

The lecture material that will be fully made available online.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Teilchenphysik I

Lehrveranstaltungsnummer: 4022031

Modulverantwortlicher: Müller, Thomas

Einordnung in Studiengang:

Physik (Master), Themenfeld/er: Experimentelle Teilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4 (v3p2)

Arbeitsaufwand:

240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

Vorlesung 3 SWS; T. Müller, M. Schröder

Praktikum 2 SWS; T. Müller, M. Schröder

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundkenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang Physik.

Qualifikationsziele:

Die Studierenden können Elementarteilchen klassifizieren und mithilfe von Symmetrien, Feynman-Diagrammen und Lagrangedichten qualitativ Wechselwirkungen zwischen Elementarteilchen analysieren. Durch die Kombination dieser Kenntnisse mit Wissen über den Nachweis von Elementarteilchen können die Studierenden die Funktionsweise moderner Teilchenphysikdetektoren diskutieren.

Die Studierenden werden befähigt, aktuelle Daten und Abbildungen aus der wissenschaftlichen Literatur zur Teilchenphysik zu interpretieren und den aktuellen Stand der Forschung sowie wichtige „offene Fragen“ darzustellen.

Die Studierenden können Techniken der statistischen Datenanalyse und Monte-Carlo-Simulation auf einfache Probleme der Teilchenphysik anwenden und eine grundlegende Charakterisierung von Silizium-Spurdetektoren im Labor durchführen.

Inhalt:

Vorlesung: Grundbegriffe der Teilchenphysik, Detektoren und Beschleuniger, Grundlagen des Standardmodells, Tests der elektroschwachen Theorie, Flavour-Physik, QCD, Physik bei hohen Transversalimpulsen, Higgs-Physik, Physik massiver Neutrinos, Physik jenseits des Standardmodells.

Praktische Übungen: aktuelle Methoden der Monte-Carlo-Simulation und Datenanalyse in der Teilchenphysik, Messungen an modernen Silizium-Spurdetektoren.

Literatur:

M. Thomson: Modern Particle Physics, Cambridge University Press (2013).

D. Griffith: Introduction to Elementary Particles, Wiley (2008).

A. Bettini: Introduction to Elementary Particle Physics, Cambridge University Press (2008).

C. Berger: Elementarteilchenphysik, Springer (2006).

Weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Teilchenphysik II – Flavour-Physik

Lehrveranstaltungsnummer: 4022081

Modulverantwortliche: Bernlochner, Florian; Goldenzweig, Pablo

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Teilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8 oder 6

Semesterwochenstunden: 4 (v2u2) oder 3 (v2 u1)

Arbeitsaufwand:

240 bzw. 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 bzw. 35 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 bzw. 135 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4022081 Vorlesung, 2 SWS; Bernlochner, Florian, Goldenzweig, Pablo

4022082 Übung, 2 SWS; Bernlochner, Florian, Goldenzweig, Pablo

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Kenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele:

Wir wollen den Teilnehmern des Kurses mit der Flavourphysik den Schlüssel zu einem besseren Verständnis der fundamentalen Naturgesetze an der Präzisionsfront nahebringen. Dabei soll es sowohl um die zugrunde liegenden Konzepte, als auch um praktische Erfahrungen gehen, die zu einem gelungenen Einstand in die eigene Forschung beitragen.

Inhalt:

Teilchenbeschleuniger erlauben, die fundamentalen Bausteine und Kräfte der Natur zu studieren. Neben der Verwendung immer höherer Energien kann das Wissen auf diesem Gebiet auch durch Messungen mit immer höherer Präzision erweitert werden. Solche Präzisionsmessungen werden sowohl am CERN und am Tevatron an Vielzweckexperimenten, wie auch in speziellen Flavour-Fabriken am SLAC oder am Super-KEKB-Beschleuniger in Japan, erfolgreich durchgeführt.

Während der Vorlesung wollen wir experimentelle Methoden und bestimmte Schlüsselprozesse – Mesonenmischung, CP-Verletzung, seltene Zerfälle – vorstellen. In der Übung soll zusätzlich noch auf Handwerkszeug für den Alltag, wie etwa Winkelverteilungen und Quantenzahlen und Informationssysteme im Internet eingegangen werden.

Literatur: Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Elektronik für Physiker

Lehrveranstaltungsnummer: 4022061

Modulverantwortliche: Weber, Marc; Rabbertz, Klaus

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Astroteilchenphysik, Experimentelle Teilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 10

Semesterwochenstunden: 12 (v4p4)

Arbeitsaufwand:

300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (225 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4022061 Vorlesung Analogelektronik 2 SWS; M. Weber

4022066 Vorlesung Digitalelektronik 2 SWS; M. Weber

4022067 Praktikum (10 Versuche) 4 SWS; M. Weber, K. Rabbertz

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Interesse an Elektronik

Qualifikationsziele:

Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

Inhalt:

Einführung in die analoge und digitale Elektronik:

- Grundlagen, lineare Netze, passive Bauelemente, Filter,
- elementare Schaltkreisanalyse und -simulation
- Bipolar- und Feldeffekttransistoren
- Grundsaltungen mit einem und zwei Transistoren, Operationsverstärker
- Zahlensysteme, Schaltalgebra, Logikbausteine, Flip-Flops, Speicher
- Analog-Digital-Wandler
- Programmierbare Elektronik: CPLDs, FPGAs
- Aufbau- und Verbindungstechnik

Literatur: Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Elektronik für Physiker: Analogelektronik

Lehrveranstaltungsnummer: 4022061

Modulverantwortliche: Weber, Marc; Rabbertz, Klaus

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Astroteilchenphysik, Experimentelle Teilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 4 (v2p2)

Arbeitsaufwand:

180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (135 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4022061 Vorlesung Analogelektronik 2 SWS; M. Weber

4022067 Praktikum (7 Versuche) 2 SWS; M. Weber, K. Rabbertz

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Interesse an Elektronik

Qualifikationsziele:

Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

Inhalt:

Einführung in die analoge Elektronik:

- Grundlagen, lineare Netze, passive Bauelemente, Filter
- Elementare Schaltkreisanalyse und –simulation
- Operationsverstärker
- Bipolar- und Feldeffekttransistoren
- Grundsaltungen mit einem und zwei Transistoren
- Aufbau- und Verbindungstechnik

Literatur: Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Elektronik für Physiker: Digitalelektronik

Lehrveranstaltungsnummer: 4022066

Modulverantwortliche: Weber, Marc; Rabbertz, Klaus

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Astroteilchenphysik, Experimentelle Teilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 4 (v2p2)

Arbeitsaufwand:

180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (135 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4022066 Vorlesung Digitalelektronik 2 SWS; Marc Weber

4022067 Praktikum (7 Versuche) 2 SWS; M. Weber, K. Rabbertz

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Interesse an Elektronik

Qualifikationsziele:

Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

Inhalt:

Einführung in die digitale Elektronik:

- Zahlensysteme
- Schaltalgebra, elementare Logikgatter
- Kombinatorische Logik
- Sequentielle Logik, Flip-Flops
- Speicher
- A/D-Wandler
- Programmierbare Elektronik: CPLDs, FPGAs

Literatur: Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4022071

Modulverantwortliche: Müller, Thomas; Hartmann, Frank

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Teilchenphysik, Experimentelle Astroteilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8 oder 6

Semesterwochenstunden: 4 (v2p4) oder 3 (v2p2)

Arbeitsaufwand:

240 bzw. 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 bzw. 35 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 bzw. 135 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4022071 Vorlesung 2 SWS; T. Müller, F. Hartmann

4022072 Praktikum 2 SWS; T. Müller, F. Hartmann

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse der experimentellen Kern- und Teilchenphysik, z. B. aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang Physik. Hilfreich sind auch Grundlagen der Elektronik.

Qualifikationsziele:

Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Teilchen- und Astroteilchenphysik. Die Studierenden lernen experimentelle Aspekte der Messung von Teilcheneigenschaften. Damit erlernen sie die Grundlagen für eine detaillierte Analyse experimenteller Daten, die Simulation von komplexen Experimenten sowie die Arbeit mit modernen Teilchendetektoren.

Inhalt:

Wechselwirkung von Elektronen, Photonen, Myonen, geladenen und neutralen Hadronen mit Materie; elektronischer Nachweis von Teilchenstrahlung und Messung der deponierten Energie sowie Teilchenidentifikation; gasgefüllte Detektoren, Szintillatoren, Photo-Multiplier, Siliziumdetektoren, elektromagnetische und hadronische Kalorimeter, Detektorsysteme, Trigger und Datenerfassung, Rekonstruktion physikalischer Objekte in Detektorsystemen, Anwendungen außerhalb der Grundlagenforschung.

Literatur:

K. Kleinknecht: Detektoren für Teilchenstrahlung, Teubner (2005)

W. R. Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer (1994)

C. Grupen: Particle Detectors, Cambridge University Press (2011)

N. Wermes, H. Kolanoski: Teilchendetektoren, Springer (2016)

Particle Data Group: The Review of Particle Physics

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Astroteilchenphysik I

Lehrveranstaltungsnummer: 4022011

Modulverantwortliche: Drexlin, Guido; Valerius, Kathrin

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Astroteilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4 (v2u2)

Arbeitsaufwand:

240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4022011 Vorlesung, 2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius

4022012 Übung, 2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse aus Vorlesung „Kerne und Teilchen“

Qualifikationsziele:

Die Studierenden sollen eingeführt werden in die Grundbegriffe der Astroteilchen-physik. Die Vorlesung vermittelt sowohl die theoretischen Konzepte wie auch die experimentellen Methoden dieses neuen dynamischen Arbeitsfeldes an der Schnitt-stelle von Elementarteilchenphysik, Kosmologie und Astrophysik. Die Studierenden lernen anhand konkreter Fallbeispiele aus der aktuellen Forschung die Konzepte zu verstehen und werden befähigt, die erlernten Methoden eigenständig anzuwenden.

Methodenkompetenzerwerb:

- Verständnis der Grundlagen der experimentellen Astroteilchenphysik
- Erkenntnis von methodischen Querverbindungen zur Elementarteilchen-physik, Astrophysik und Kosmologie
- Erwerb der Fähigkeit, ein aktuelles Forschungsthema eigenständig sowie im Team darzustellen
- Erwerb der Fähigkeit, die Konzepte und experimentellen Methoden in der Masterarbeit umzusetzen

Inhalt:

Die behandelten Themengebiete umfassen eine allgemeine Einführung in das Arbeitsgebiet mit seinen fundamentalen Fragestellungen, theoretischen Konzepten und experimentellen Methoden. Entsprechend den sehr unterschiedlichen Energie-skalen ($\text{meV} - 10^{20} \text{ eV}$) der Astroteilchenphysik gliedert sich die Vorlesung in eine Diskussion der Prozesse im thermischen (niedrige Energien) und nichtthermischen (hohe Energien) Universum. Einen besonderen Schwerpunkt der Vorlesung bildet eine umfassende Darstellung von modernen experimentelle Techniken, z.B. bei der Suche nach sehr seltenen Prozessen. Darauf aufbauend wird im zweiten Teil der Vorlesung eine umfassende Einführung in das „dunkle Universum“ und die Suche nach Dunkler Materie gegeben.

Die Vorlesung ist Grundlage von weiteren Vorlesungen zu diesem Thema (Astro-teilchenphysik II).

Literatur:

Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press, 2. Auflage, 2009)

Claus Grupen, Astroparticle Physics (Springer, 2005)

Lars Bergström & Ariel Goobar Cosmology and Particle Astrophysics (Wiley, 2. Auflage, 2006)

Malcolm Longair, High Energy Astrophysics (Cambridge University Press, 3. Auflage, 2011)

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung

Lehrveranstaltungsnummer: 4022041

Modulverantwortliche: Engel, Ralph; Roth, Markus

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Astroteilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8 oder 6

Semesterwochenstunden: 4 (v2u2) oder 3 (v2u1)

Arbeitsaufwand:

240 bzw. 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 bzw. 45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 bzw. 135 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4022041 Vorlesung 2 SWS; Markus Roth

4022042 Übung 2 SWS; Darko Veberic

Voraussetzungen: keine

Bedingungen:

keine, die Vorlesung ist komplementär zum Modul Astroteilchenphysik I angelegt und kann dazu parallel gehört werden

Empfehlungen: keine

Qualifikationsziele:

Der Studierende soll die Grundbegriffe und Konzepte der Astrophysik hochenergetischer Teilchen verstehen und für die Diskussion moderner Beobachtungsergebnisse anwenden können. Typische Näherungen und Betrachtungen der Astrophysik sollen für den Teilnehmenden nachvollziehbar werden. In der Übung soll der Studierende ausgewählte Probleme der Astroteilchenphysik lösen und in der Gruppe diskutieren.

Inhalt:

Die Vorlesung wird als Tafelanschrieb und mit vorher ausgehändigtem Bildmaterial gehalten. Besonderer Wert wird auf die explizite Ableitung der wesentlichen Zusammenhänge gelegt. Die Themen umfassen astrophysikalische Energie- und Größenskalen; Eigenschaften kosmischer Strahlung; direkte und indirekte Messung kosmischer Strahlung; Beschleunigung geladener Teilchen; Galaxien und galaktische Magnetfelder; galaktische und extra-galaktische Ausbreitung kosmischer Strahlung; Quellen kosmischer Strahlung; Teilchenphysik und Suche nach exotischen Phänomenen mit kosmischer Strahlung; hochenergetische Neutrinos. Zusammen mit „Astroteilchenphysik II: Gamma-Strahlung“ im folgenden Semester ergeben die beiden Vorlesungen ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen im Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind so angelegt, dass sie auch einzeln gehört werden können.

Literatur:

T.K. Gaisser, R. Engel, E. Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (2nd Ed.)

P. Schneider: Einführung in die Extragalaktische Astronomie und Kosmologie

M. Longair: High Energy Astrophysics

Thierry Courvoisier: High Energy Astrophysics

Bradley W. Carroll and Dale Ostlie: An Introduction to Modern Astrophysics

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Einführung in die Kosmologie

Lehrveranstaltungsnummer: 4022021

Modulverantwortliche: Drexlin, Guido

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Astroteilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3 (v2u1)

Arbeitsaufwand:

180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4022021 Vorlesung 2 SWS; G. Drexlin

4022022 Übung 1 SWS; G. Drexlin, T. Hüge

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse aus Vorlesung „Kerne und Teilchen“

Lernziele: Die Studierenden sollen eingeführt werden in die Grundbegriffe der Kosmologie. Die Vorlesung vermittelt hierbei sowohl die theoretischen Konzepte wie auch einen Überblick über moderne experimentelle Methoden und Beobachtungstechniken. Die Studierenden werden anhand von konkreten Fallbeispielen aus der modernen Kosmologie in die Lage versetzt, die Konzepte zu verstehen und werden befähigt, die erlernten Methoden im Rahmen späterer eigenständiger Forschung anzuwenden.

Methodenkompetenzerwerb:

- Verständnis der Grundlagen der Kosmologie
- Erkenntnis von methodischen Querverbindungen zur Elementarteilchen-physik und Astroteilchenphysik
- Erwerb der Fähigkeit, sich in aktuelle Forschungsthemen eigenständig einzuarbeiten als Vorbereitung zur Masterarbeit

Inhalt:

Die Vorlesung bietet eine Einführung in die moderne Kosmologie, die in den letzten Jahren durch den Einsatz modernster Technologien (Planck-Satellit, Galaxiendurchmusterungen wie z.B. 2dF und SDSS) und begleitender rechenintensiver Simulationen (Millennium) einen enormen Aufschwung genommen hat. Die Vielzahl an Beobachtungen hat zur Aufstellung eines sog. Konkordanz-Modells der Kosmologie geführt, in dem die Beiträge der Dunklen Energie und der Dunklen Materie die Entwicklung von großräumigen Strukturen im Universum dominieren.

Ausgehend von einer Beschreibung des frühen Universums mit den Stützpfeilern der Big Bang Theorie (Hubble-Expansion, Nukleosynthese, kosmische Hintergrundstrahlung) und den dabei auftretenden Phasenübergängen und Symmetriebrechungen wird die Entstehung und Evolution von großräumigen Strukturen im Universum bis zum heutigen „dunklen Universum“ diskutiert (Vergleich von „top-down“ mit „bottom-up“ Modellen). Besonderes Augenmerk liegt dabei auf einer eingehenden Darstellung modernster experimenteller Techniken und Analysemethoden, die breiten Eingang in weite Bereiche der Physik gefunden haben.

Die Vorlesung vermittelt damit ein kohärentes Abbild der modernen Kosmologie und diskutiert grundlegende Fragen auch auf Nachbardisziplinen wie Teilchenphysik und Astrophysik und kann daher mit anderen Vorlesungen aus dem Bereich der Experimentellen Astroteilchenphysik und Experimentellen Teilchenphysik ergänzt werden.

Literatur: Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung: Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: General Relativity

Lehrveranstaltungsnummer: 4026131

Modulverantwortliche: Klinkhamer, Frans

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Astroteilchenphysik, Theoretische Teilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 10

Semesterwochenstunden: 5 (v3u2)

Arbeitsaufwand:

300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (225 Stunden).

Modulturnus: WS oder SS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4026131 Vorlesung, 3 SWS; Frans Klinkhamer

4026132 Übung; Frans Klinkhamer; V. Emelyanov

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

A basic understanding of classical mechanics, classical electrodynamics, and quantum mechanics.

Qualifikationsziele:

The main goal is to broaden the student's intellectual horizon by learning and thinking about one of the great discoveries of the last century, the dynamic nature of spacetime.

Inhalt:

This lecture consists of three parts. The first part reviews the basic ideas of Special Relativity.

The second part introduces the main concepts and techniques of General Relativity. The third part discusses cosmological models.

Literatur:

S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, Wiley, 1972.

C. Misner, K. Thorne, J. Wheeler, Gravitation, W. H. Freeman, 1973.

Robert M. Wald, General Relativity, The University of Chicago Press, 1984.

S. W. Hawking and G. F. R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-Time, Cambridge UP, 1973.

V. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge UP, 2005.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4026021

Modulverantwortliche: Steinhauser, Matthias

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Theoretische Teilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 10 oder 8

Semesterwochenstunden: 5 (v3u2) oder 4 (v3u1)

Arbeitsaufwand:

300 bzw. 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 bzw. 60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (225 bzw. 180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4026021 Vorlesung 3 SWS; Matthias Steinhauser

4026022 Übungen 2 SWS; Matthias Steinhauser, Joshua Davies

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Basic knowledge in quantum mechanics I and II

Qualifikationsziele:

The students obtain basic knowledge about the topics, concepts and tools used in theoretical particle physics. They obtain an overview of the typical questions and problems and they are able to compute cross sections for simple processes.

Inhalt:

Lagrange densities, symmetries and conservation laws, Feynman rules, cross sections, elementary processes in QED, spontaneous symmetry breaking, Higgs mechanism, Standard Model of particle physics, decay rates, Higgs boson phenomenology

Literatur: Will be provided in the first lecture.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Theoretische Teilchenphysik II

Lehrveranstaltungsnummer: 4026011

Modulverantwortliche: Zeppenfeld, Dieter

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Theoretische Teilchenphysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 12 oder 8

Semesterwochenstunden: 6 (v4u2) oder 4 (v4u0)

Arbeitsaufwand:

360 bzw. 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90 bzw. 60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (270 bzw. 180 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4026011 Vorlesung 4 SWS; Zeppenfeld

4026012 Übung 2 SWS; Zeppenfeld, Liebler

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Theoretische Teilchenphysik I

Qualifikationsziele:

Studierende sollen in die Grundbegriffe von nicht-abelschen Eichtheorien und ihre Anwendung in der Teilchenphysik eingeführt werden und die relevanten theoretischen Konzepte und Rechenmethoden beherrschen lernen. In der Übung sollen die Studierenden konkrete Probleme der Theoretischen Teilchenphysik lösen lernen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

Inhalt:

Im Hauptteil der Vorlesung werden nicht-abelsche Eichtheorien und ihre Anwendung in der Elementarteilchenphysik besprochen. Das Themenfeld beinhaltet die Lagrangedichten der QCD und des elektroschwachen Standardmodells, die daraus folgenden Feynmanregeln und störungstheoretische Berechnungen von Raten für Prozesse mit Quarks und Gluonen, Regularisierung von ultravioletten und infraroten Divergenzen, Renormierung und Anwendungen der Renormierungsgruppe, QCD Beta-Funktion und asymptotische Freiheit, kollineare und weiche Divergenzen und Parton-Schauer, QCD-Effekte in der schwachen Wechselwirkung und Anomalien in Eichtheorien.

Literatur:

M. Peskin and D. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory

L. Ryder, Quantum Field Theory

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model

Lehrveranstaltungsnummer: 4026031

Modulverantwortliche: Mühlleitner, Margarete

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Theoretische Teilchenphysik

Level: Master

Leistungspunkte: 10

Semesterwochenstunden: 5

Arbeitsaufwand:

300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (225)

Modulturnus:

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4026031 Vorlesung 3 SWS; M. Mühlleitner

4026032 Übungen 2 SWS; M. Mühlleitner, Ph. Basler

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Vorkenntnisse aus Theoretische Teilchenphysik I (idealerweise auch II)

Qualifikationsziele:

Vertiefung in einem Gebiet der Theoretischen Teilchenphysik, insbesondere in Modellen jenseits des Standardmodells.

Inhalt:

Singulett- und Dublett-Erweiterungen des Standardmodells, Supersymmetrie (MSSM, NMSSM), Composite Higgsmodelle, Portal Higgs

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

In Form von: Abgabe von Übungsblättern, Vorrechnen in der Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Theorie der Kondensierten Materie I

Lehrveranstaltungsnummer: 4024011

Modulverantwortliche: Shnirman, Alexander

Einordnung in Studiengang: Master-Physik

Themenfeld/er: Theorie der kondensierter Materie

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 12 oder 8

Semesterwochenstunden: 6 (v4u2) oder 4 (v3u1)

Arbeitsaufwand:

360 bzw. 300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90 bzw. 75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (270 bzw. 225 Stunden).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4024011 Vorlesung 4 bzw. 3 SWS; A. Shnirman

4024012 Übung 2 SWS bzw. 1 SWS; A. Shnirman, B. Narozhny

Die Variante mit 8LP (Grundlagen) wird ca. nach 2/3 des Semesters beendet

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, der statistischen Physik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele:

Einführung in die Theorie der kondensierten Materie sowie weitere Vertiefung in dem Gebiet; Erlangen von Wissen über wichtigste Phänomene und Konzepte.

Inhalt:

Vorlesungen und Übungen vermitteln bzw. vertiefen die grundlegenden Konzepte der Theorie der kondensierter Materie, wobei kristallinen Festkörpern besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Vorlesung sind:

- Kristallgitter, Elektronen im periodischen Potential, Dynamik von Bloch-Elektronen
- Elektronische Transporteigenschaften von Festkörpern, Boltzmann-Gleichung
- Festkörper im äußeren Magnetfeld: Pauli-Paramagnetismus, Landau-Diamagnetismus, de Haas-van Alphen-Effekt
- Elektron-Elektron-Wechselwirkung, Stoner-Theorie des Ferromagnetismus; Landau-Theorie von Fermi-Flüssigkeiten
- Phononen und Elektron-Phonon-Wechselwirkung
- Supraleitung: BCS-Theorie, Elektrodynamik von Supraleitern, Ginzburg-Landau-Theorie

Literatur:

- C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenburg, 1980) / Introduction to Solid State Physics.
- C. Kittel, Quantum Theory of Solids.
- N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, Solid State Physics (Holt, Rinehart & Winston, N.Y 1976).
- J.H. Ziman, Principles of the Theory of Solids (Cambridge, Univ. Press, 1972).
- A. A. Abrikosov, Fundamentals of the Theory of Metals
- G. Czycholl, Theoretische Festkörperphysik (Springer, 2008)
- J.C. Schrieffer, Theory of Superconductivity, Chapters 1-4.
- M. Tinkham, Introduction to Superconductivity.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory

Lehrveranstaltungsnummer: 4024121

Modulverantwortliche: Gornyi, Igor; Narozhnyy, Boris

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Theorie der Kondensierten Materie

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4 (v3u1)

Arbeitsaufwand:

240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180).

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

4024121 Vorlesung, 3 SWS; I. Gornyi, B. Narozhnyy

4024122 Übungen, 1SWS; I. Gornyi, B. Narozhnyy

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen:

Basic knowledge of solid state physics, quantum mechanics, and statistical physics is assumed. It is recommended to take this course after the course Theorie der Kondensierten Materie I.

Qualifikationsziele:

Deeper understanding of the condensed matter theory; gaining knowledge on most important phenomena and concepts in the physics of low-dimensional quantum systems, as well as on the corresponding field-theoretical approaches.

Inhalt:

The course will be given in English.

Preliminary structure:

- Introduction.
- Conformal transformations, conformal group in d dimensions, conformal algebra in 2 dimensions.
- Conformal theories in 2 dimensions, central charge, Virasoro algebra.
- Scaling approach to critical phenomena, Ising model, Potts model.
- Bosonization in 1+1 dimensions, Gaussian model, XXZ model.
- Non-Abelian bosonization, Sugawara construction.
- Recent applications: basics of AdS/CFT correspondence, Sachdev-Ye-Kitaev model, stochastic Schramm-Loewner evolution.

Literatur:

- E. Brezin and J. Zinn-Justin (Editors), Fields, Strings, and critical Phenomena (Les Houches 1988)
- P. Di Francesco, P. Mathieu, and D. Senechal, Conformal Field Theory.
- T. Giamarchi, Quantum Physics in One Dimension
- A.O. Gogolin, A.A. Nersesyan, A.M. Tsvelik, Bosonization and Strongly Correlated Systems

Leistungsnachweis:

Kurzvorträgen in Rahmen der Vorlesung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Theoretische molekulare Biophysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4023031

Modulverantwortliche: Wenzel, Wolfgang; Schug, Alexander

Einordnung in Studiengang:

Master Physik, Themenfeld/er: Nanophysik

Level: Master (4)

Leistungspunkte: 8 oder 6

Semesterwochenstunden: 4 (v2u1 + Referat/Kurzvortrag) 3 (v2u1)

Arbeitsaufwand:

180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135), bei 8 ECTS Punkten: 60 Stunden zusätzlich zu Ausarbeitung eines Referats+Vortrag.

Modulturnus: WS

Moduldauer: Ein Semester

Lehr- und Lernformen:

LV-Nr. Vorlesung, 2 SWS; W. Wenzel, A. Schug

LV-Nr. Übung, 1 SWS; W. Wenzel, A. Schug

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Kenntnisse der Thermodynamik

Qualifikationsziele:

Aufbau von Biopolymeren, Modelle und Simulation der Strukturbildung und Funktion von Biopolymeren, insbesondere Proteine und DNS. Kenntnis von Verfahren zur rechnergestützten Medikamentenentwicklung

Inhalt:

Fragestellungen aus dem Grenzgebiet zwischen Biologie, Chemie und Physik gewinnen zunehmend Bedeutung in der interdisziplinären Forschung. Theoretische Methoden der Biophysik und Biochemie können wesentlich dazu beitragen, biochemische Prozesse zu verstehen und zunehmend auch quantitativ zu beschreiben. Überlappend mit dem sich entwickelnden Gebiet der Bioinformatik erlauben physikalische Modelle die Analyse und zunehmend auch die Vorhersage fundamentaler biologischer Abläufe.

In dieser Vorlesung sollen die biophysikalischen Grundlagen und biochemischen Modelle für die Beschreibung von Proteinen/DNS/RNS erarbeitet werden: Proteine sind die Grundbausteine der Zelle, die für alle wesentlichen Prozesse von Pflanzen, Tieren und Menschen von Bedeutung sind. Sie werden im Gen durch DNS kodiert und als chemisch lineare Moleküle synthetisiert, falten und funktionieren jedoch in wohldefinierten dreidimensionalen Strukturen, deren Bildung und Dynamik behandelt werden soll. In dieser Vorlesung sollen die wichtigen biophysikalischen Grundlagen für die Modellierung von DNS und Proteinen vorgestellt und diskutiert werden. Darüber hinaus werden wichtige Anwendung dieser Verfahren, z.B. in der rechnergestützten Medikamentenentwicklung und in der Biotechnologie, vorgestellt.

Literatur:

Daume, Molecular Biophysics, Brandon & Tooze: Introduction to Protein Structure Weitere Titel werden in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.