

Module im Masterstudiengang Physik

Modul: Solid-State Optics	2
Modul: Nano-Optics	3
Modul: Advanced Optical Materials	4
Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I	6
Modul: Supraleiter-Nanostrukturen	7
Modul: Nanotechnologie I	8
Modul: Astroteilchenphysik I	9
Modul: Einführung in die Kosmologie	11
Modul: Teilchenphysik I	13
Modul: Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung	15
Modul: Elektronik für Physiker	16
Modul: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik	17
Modul: Teilchenphysik II: Experimentelle Flavour-Physik	18
Modul: Theoretische molekulare Biophysik	19
Modul: Theorie der Kondensierten Materie I	20
Modul: Computational Condensed Matter Theory	21
Modul: Field theories of transport phenomena far from equilibrium	22
Modul: Theoretische Teilchenphysik II	23
Modul: QCD und Kolliderphysik	24
Modul: General Relativity and Cosmology I	25
Modul: Elektronenmikroskopie I	26
Modul: Elektronenoptik	27
Modul: Beschleunigerphysik II: Synchrotronstrahlungsquellen	28
Modul: Kristallographische Grundlagen der Festkörperphysik ("Kristallographie")	30
Modul: Kristallstrukturbestimmung	31
Modul: Pulverdiffraktometrie	32
Modul: Modern X-ray physics I – Introduction into Computed Tomography, X-ray Microscopy, Diffraction and Scattering for Life Sciences and Condensed Matter Research	33
Modul: Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation	35

Modul: **Solid-State Optics**

Lehrveranstaltungsnummer: 4020011

Modulverantwortliche: Michael Hetterich

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

Leistungspunkte: 10

Semesterwochenstunden: 5

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4020011 Vorlesung 4 SWS; M. Hetterich

4020012 Übung 1 SWS; M. Hetterich

Voraussetzungen:

Keine

Bedingungen:

Keine

Empfehlungen:

Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und Quantenmechanik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Die Studierenden sollen durch die Vorlesung und begleitende Diskussionen im Rahmen der Übung in grundlegende theoretische Konzepte sowie makroskopische und mikroskopische Modelle zur Beschreibung der optischen Eigenschaften von Festkörpern eingeführt werden, darüber hinaus auch in die entsprechenden experimentellen Messmethoden. Insbesondere sollen sie die Lage versetzt werden, das erworbene Wissen auf konkrete Probleme im Bereich der experimentellen Festkörper-Optik anzuwenden.

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

Leistungsnachweis:

Mündliche Prüfung

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:

Optik und Photonik, Nano-Physik

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 3 + 1

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4020021 Vorlesung 3 SWS, Übung 1 SWS

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Lernziele:

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:

Regelmäßige Teilnahme

Notenbildung:

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

Modul: **Advanced Optical Materials**

Lehrveranstaltungsnummer: 4020041

Modulverantwortliche: Wolfram Pernice, Martin Wegener

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Kondensierte Materie, Nano-Physik

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: alle 2 Semester zum WS

Lehr- und Lernformen:

4020041 Vorlesung 3 SWS; W. Pernice, M. Wegener

4020042 Übung 1 SWS; W. Pernice

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Elektrodynamik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Der Studierende soll in die Grundbegriffe künstlich hergestellter photonischer Materialien und deren Anwendungen eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen, sowie relevante Fertigungs- und Messmethoden kennen lernen. In der Übung soll der Studierende konkrete Problemstellungen der Nanophotonik lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

Inhalt:

In der Vorlesung werden angewandte Konzepte der Nanophotonik und deren Umsetzung in nicht in der Natur vorkommende optische Materialien vermittelt. Die Vorlesung konzentriert sich dazu auf die Themen photonische Kristalle, Metamaterialien und Plasmonik. Diese Themen werden anhand von aktuellen Forschungsergebnissen dargestellt und sollen einen Einblick in den Stand der Technik, sowie deren Umsetzung und Anwendung bieten. Darüber hinaus werden einführende Themenstellungen der integrierten Optik in Zusammenhang mit Wellenleitung und Diffraktionsphänomenen vermittelt.

Inhalt:

1. Einführung (Maxwell's Gleichungen, phenomenologische Materialmodelle, Prinzipien der optischen Wellenleitung)
2. Photonische Kristalle (photonische Bandstrukturen, 1D-, 2D-, 3D- photonische Kristalle, Defekte, Numerische Methoden, Photonische Kristallfasern)
3. Plasmonik (Oberflächenplasmonen, metallische Nanopartikel, optische Antennen, plasmonische Wellenleiter)
4. Metamaterialien (negativer Brechungsindex, Transformationsoptik Mikrowellen und photonische Metamaterialien, 3D Metamaterialien)
5. Integriert optische Schaltkreise (optische Wellenleiter, nicht lineare optische Materialien, durchstimmbare optische Bauteile)

Literatur:

Photonic Crystals, Molding the Flow of Light, J.D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J.N. Winn, R.D. Meade, Princeton University Press (2008)

Optical Properties of Photonic Crystals, K. Sakoda, Springer (2001)

Principles of Nano-Optics, L. Novotny, B. Hecht, Cambridge University Press (2006)
Plasmonics: Fundamentals and Applications", S. Maier, Springer (2007)

Leistungsnachweis:

Mündliche Prüfung nach Ende der Lehrveranstaltung

Notenbildung:

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

Modul: **Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I**

Lehrveranstaltungsnummer: 4021011

Modulverantwortliche: Hilbert v. Löhneysen, Veronika Fritsch, Frank Weber

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er: Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 10 (*Dies gilt nur für Physiker und dort ergeben sie sich aus 2xSWS. Falls die Veranstaltung von Studierenden anderer Studiengänge gebucht wird, können sich andere Leistungspunkte ergeben.*)

Semesterwochenstunden: 5

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4021011 Vorlesung 4 SWS; Hilbert v. Löhneysen, Veronika Fritsch

4021012 Übung 1 SWS; Hilbert v. Löhneysen, Frank Weber

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Die Studierenden sollen die Konzepte zur Beschreibung von magnetischen Strukturen kennen lernen, sowie die Experimente, auf Basis derer diese Konzepte erstellt bzw. verifiziert wurden

Inhalt:

1. Grundbegriffe des Magnetismus
2. Magnetische Wechselwirkungen
3. Phasenübergänge
4. Magnetische Strukturen
5. Stark korrelierte Elektronensysteme

Literatur:

- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Festkörperphysik
- H. Ibach, H. Lüth: Festkörperphysik
- C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik
- S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter
- J. M. D. Coey, Magnetism and magnetic materials
- P. M. Chaikin, T. C. Lubensky, Principles of condensed matter physics
- Bergmann-Schäfer: Festkörperphysik, 2005, Kap. 5 Magnetismus
- J. Crangle, The Magnetic Properties of Solids
- W. Gebhardt, U. Krey, Phasenübergänge und kritische Phänomene

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich aktive Teilnahme an den Übungen

Notenbildung:

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

Modul: Supraleiter-Nanostrukturen

Lehrveranstaltungsnummer: 4021031

Modulverantwortliche: Detlef Beckmann

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Kondensierte Materie, Nano-Physik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4021031 Vorlesung 2 SWS; D. Beckmann

4021032 Übung 1 SWS; D. Beckmann, M. Weides

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

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:

Vorrechnen der Übungsblätter in der Übung.

Notenbildung:

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

Modul: Nanotechnologie I

Lehrveranstaltungsnummer: 4021041

Modulverantwortliche: Goll, Gernot

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Nano-Physik

Leistungspunkte: 4

Semesterwochenstunden: 2

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4021041 **Nanotechnologie I**

Lernziele:

Der Studierende vertieft sein Wissen in einem Gebiet der Nano-Physik und ist mit grundlegenden Techniken der Nano-Analytik und der Lithographie vertraut.

Inhalt:

Einführung in zentrale Gebiete der Nanotechnologie; Vermittlung der konzeptionellen, theoretischen und insbesondere methodischen Grundlagen:

1. Methoden der Abbildung und Charakterisierung (Nanoanalytik)

Es werden zum einen grundlegende Konzepte der Elektronenmikroskopie und der damit verbundenen analytischen Möglichkeiten behandelt, zum anderen werden Rastersondenverfahren wie die Tunnel- und die Kraftmikroskopie zur Untersuchung leitfähiger bzw. isolierender Proben besprochen. Ergänzend werden die spektroskopischen Möglichkeiten der Rastersondenverfahren erläutert.

2. Methoden der Herstellung von Nanostrukturen (Nanolithographie 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 „Grundlagen der Nanotechnologie II“ behandelt im Sommersemester Anwendungsgebiete und aktuelle Forschungsthemen.

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

einer Klausur

Notenbildung:

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

Modul: Astroteilchenphysik I

Lehrveranstaltungsnummer: 4022011

Modulverantwortliche: Guido Drexlin

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Experimentelle Astroteilchenphysik

Leistungspunkte: 8 (*gilt für Physiker, falls die Veranstaltung von Studierenden anderer Studiengänge gebucht wird, können sich andere Leistungspunkte ergeben*)

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4022011 **Astroteilchenphysik I**; 2 SWS; Drexlin, Guido

4022012 **Übungen zur Astroteilchenphysik I**; 2 SWS Drexlin; Guido; Wolf, J.

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse aus Vorlesung „Kerne und Teilchen“

Lernziele:

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 anwenden zu können.

- 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 (meV – 10^{20} eV) der Astroteilchenphysik gliedert sich 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 (Astroteilchenphysik II).

Literatur:

Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press)

H.V. Klapdor-Kleingrothaus & Kai Zuber, Teilchenastrophysik (Teubner)

Leistungsnachweis:

Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen (u.a. Vorrechnen der Übungsblätter)

Erfolgreiche Teilnahme am Blockpraktikum

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: Guido Drexlin

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfelder:

Experimentelle Astroteilchenphysik/Experimentelle Teilchenphysik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4022021 **Einführung in die Kosmologie;** 2 SWS; Drexlin, Guido

4022022 **Übungen zur Einführung in die Kosmologie;** 1 SWS Drexlin, Guido;
Thümmler, Thomas

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 2dF und SDSS) und begleitender rechenintensiver Simulationen (Millennium) einen enormen Aufschwung genommen hat. Die Vielzahl an Beobachtungen hat zur Aufstellung eines sog. Λ CDM-Konkordanz-Modells geführt, in dem die Beiträge der Dunklen Energie und der Dunklen Materie die Entwicklung von großräumigen Strukturen im Universum dominiert.

Ausgehend von einer Beschreibung des frühen Universums mit den Stützpfeilern der Big Bang Theorie (Hubble-Expansion, Nukleosynthese, kosmische Hintergrundstrahlung) wird die Entstehung und Evolution von großräumigen Strukturen im Universum bis zum heutigen „dunklen Universum“ diskutiert. 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:

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: **Teilchenphysik I**

Lehrveranstaltungsnummer: 4022031

Modulverantwortlicher: Husemann, Ulrich

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Teil eines Schwerpunkts- oder Ergänzungsfachs oder Nebenfach im Bereich Experimentelle Teilchenphysik

Leistungspunkte: 8

(Dies gilt nur für Physiker, dort ergeben sich 8 Leistungspunkte aus 3+2 SWS für Vorlesung und Praktische Übung. Falls die Veranstaltung von Studierenden anderer Studiengänge gebucht wird, können sich andere Leistungspunkte ergeben.)

Semesterwochenstunden: 5

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4022031 **Vorlesung Teilchenphysik I**, 3 SWS; Husemann, Ulrich

4022032 **Praktische Übungen zur Teilchenphysik I**, 2 SWS;
Husemann, Ulrich; Chwalek, Thorsten

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

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

Lernziele:

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 darstellen.

Die Studierenden werden befähigt, aktuelle Daten und Abbildungen aus der wissenschaftlichen Literatur 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, Flavor-Physik, QCD, High- p_T -Physik, Physik des Higgs-Bosons, Physik massiver Neutrinos, Physik jenseits des Standardmodells.

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

Literatur:

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

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

C. Berger: Elementarteilchenphysik, Springer (2006).
P. Schmüser: Feynman-Graphen und Eichtheorien für Experimentalphysiker,
Springer (1995).

Weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben.

Leistungsnachweis:

Bearbeitung der Computerübungsprojekte und Testat der Lösungen
Kurzvorträge im Rahmen der Übungen

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: Blümer, Johannes; Roth, Markus; Werner, Felix

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Experimentelle Astroteilchenphysik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4022041 **Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung;** Blümer, Johannes; Engel, Ralph

4022042 **Übungen zu Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung;** Blümer, Johannes; Unger, Michael

Lernziele:

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul verfügt der/die Studierende über ein vertieftes Fach- und Überblickswissen auf dem Feld der hochenergetischen Astroteilchenphysik (kosmische Strahlung) und beherrscht die Methoden des Erkenntnisgewinns und deren exemplarische Anwendung.

Inhalt:

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; Suche nach zusätzlichen Dimensionen und exotischen Phänomenen mit kosmischer Strahlung. Zusammen mit „Astroteilchenphysik II: Gamma-Strahlung“ ergeben die beiden Vorlesungen ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen in unserem Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind komplementär angelegt und können unabhängig gehört werden, ergänzen sich aber in geeigneter Weise.

Literatur:

T.K. Gaisser: Cosmic Rays and Particle Physics

T. Stanev: High Energy Cosmic Rays

Malcom Longair: High Energy Astrophysics

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Teilnahme an Übungen und Vorrechnen in der Übung

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

Leistungspunkte: 12

Semesterwochenstunden: 4+4

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4022061 **Vorlesung Elektronik für Physiker;** Weber, Marc

4022062 **Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker;**
Weber, Marc; Rabbertz, Klaus

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Interesse an Elektronik

Lernziele:

Vertiefung in einem Gebiet der Experimentelle Astroteilchenphysik, Experimentelle 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, elementare Schaltkreisanalyse, Filter, Schwingkreise*
- Aktive Bauelemente: Diode und Transistor*
- Grundsaltungen mit einem und zwei Transistoren, Operationsverstärker*
- Elektrischer und optischer Signaltransport*
- Elektromagnetische Störungen und Rauschen*
- Zahlensysteme, Schaltalgebra, Logikbausteine, Flip-Flops, Speicher*
- Analog-Digital-Wandler*
- Programmierbare Elektronik: CPLDs, FPGAs*
- Aufbau- und Verbindungstechnik*

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Durch erfolgreiche Teilnahme am Praktikum.

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: Blümer, Johannes; Ulrich, Ralf

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Experimentelle Astroteilchenphysik, Experimentelle Teilchenphysik

Leistungspunkte: 6 oder 8 (Die Leistungspunkte ergeben sich aus 2 SWS für Vorlesung und 1 SWS für Übungen sowie 1 SWS für ein Praktikum)

Semesterwochenstunden: 3 bzw. 4

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4022071 **Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik**

4022072 **Übungen zu Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik**

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Lernziele:

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 Teilchen-Detektoren.

Inhalt:

Wechselwirkung von Elektronen, Photonen, Myonen, geladenen und neutralen Hadronen mit Materie; elektronischer Nachweis von Teilchenstrahlung und Messung der deponierten Energie sowie Teilchenidentifikation; Gasedektoren, Szintillatoren, Photomultiplier, Silizium-Dektoren, elektromagnetische und hadronische Kalorimeter, Detektorsysteme, Trigger und Datenerfassung, Rekonstruktion von physikalischen Objekten in Detektorsystemen, Anwendungen außerhalb der Grundlagenforschung.

Literatur:

K. Kleinknecht, "Detektoren für Teilchenstrahlung", Teubner

W. R. Leo, "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments", Springer

C. Grupen, "Teilchendetektoren", Spektrum Akademischer Verlag

G. F. Knoll, "Radiation Detection and Measurement", Wiley

Review of Particle Physics,

http://pdg.lbl.gov/2006/reviews/contents_sports.html#expmethetc

Leistungsnachweis:

In Form von

Übungsblättern, Computer-Übungen und Praktikum

Notenbildung:

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

Modul: Teilchenphysik II: Experimentelle Flavour-Physik

Lehrveranstaltungsnummer: 4022081

Modulverantwortliche: Thomas Kuhr

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Experimentelle Teilchenphysik

Leistungspunkte: 6 (*Dies gilt nur für Physiker und dort ergeben sie sich aus 2+1 SWS. Falls die Veranstaltung von Studierenden anderer Studiengänge gebucht wird, können sich andere Leistungspunkte ergeben.*)

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4022081 **Teilchenphysik II: Experimentelle Flavour-Physik;** Thomas Kuhr

4022082 **Übungen zu Flavour- Physik;** Thomas Kuhr, Martin Heck

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

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

Lernziele:

Wir wollen den Teilnehmern des Kurses mit der Flavour-Physik 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 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:

Voraussichtlich in Form von:

Abgabe von Übungsblättern

mündliche Kleingruppen- oder Einzelprüfung

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:

Biophysik, Modellierung Nanoskaliger Systeme

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4023031 **Theoretische molekulare Biophysik**

4023032 **Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik**

Lernziele:

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, biophysikalische 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 Modellierung der Konformationsänderung von Proteinen und der Proteinstrukturvorhersage 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 kodiert und als chemisch lineare Moleküle synthetisiert. In dieser Vorlesung sollen die wichtigen biophysikalischen Grundlagen für die Modellierung von Proteinen vorgestellt und diskutiert werden. Darüber hinaus wird eine wichtige Anwendung dieser Verfahren, die rechnergestützte Medikamentenentwicklung, im Detail vorgestellt.

Literatur:

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

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Abgabe von Übungsblättern

Kurzvorträgen im Rahmen der Vorlesung/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 und 4024012

Modulverantwortliche: Schön, Gerd; Marthaler, Michael

Einordnung in Studiengang: Master Physik

Themenfeld/er: Theorie der kondensierten Materie

Leistungspunkte: 12

Semesterwochenstunden: 4+2

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4024011 Vorlesung 4 SWS; Schön, Gerd

4024012 Übungen 2 SWS; Schön, Gerd; Marthaler, Michael

Voraussetzungen: Erfolgreiche Teilnahme an den Kursen des Bachelor-Studienganges Physik.

Lernziele: Aufbauend auf den Kursen zur Quantenmechanik und statistischen Physik des Bachelor-Studiums sollen wichtige Grundlagen und Methoden sowie ausgewählte Vertiefungen im Gebiet der Theorie der kondensierten Materie vermittelt werden. Die Stoffwahl und Niveau orientieren sich daran, was bei einem gebildeten Festkörperphysiker, Theoretiker oder Experimentalphysiker, als bekannt vorausgesetzt werden kann. In den Übungen sollen die Studierenden sich mit den Methoden vertraut machen.

Inhalt: Vorlesungen und Übungen vermitteln bzw. vertiefen die grundlegenden Konzepte der Beschreibung kondensierter Materie mit besonderer Betonung der elektronischen Eigenschaften sowie von Quanteneffekten. Die Schwerpunkte der Vorlesung sind:

- Kristallgitter, Gitterdynamik, Elektronen im periodischen Potential
- Elektronische Transporteigenschaften von Festkörpern (Boltzmann Theorie)
- Quantentransporttheorie
- Quantenflüssigkeiten und Supraleitung
- Symmetriebrechung und geordnete Phasen

Literatur:

- C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenburg, 1980)
- 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)
- T.T. Heikkilä, The Physics of Nanoelectronics (Oxford, Univ. Press, 2013)
- Y.V. Nazarov and Y.M. Blanter, Quantum Transport: Introduction to Nanoscience (Cambridge, Univ. Press, 2009)
- M. Tinkham, Introduction to Superconductivity (McGraw-Hill 1996)

Leistungsnachweis:

Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter mit Kontrolle durch Vorrechnen in den Übungen.

Notenbildung:

Bei Verwendung als Schwerpunkts- oder Ergänzungsfach durch mündliche Prüfung, eventuell in Kombination mit der Vorlesung und Übung „Theorie der kondensierten Materie II“ (jeweils im SS) entsprechend der Prüfungsordnung und des Studienplans.

Bei Verwendung als Nebenfach erfolgreiche Bearbeitung von 50% der Übungsblätter.

Modul: **Computational Condensed Matter Theory**

Lehrveranstaltungsnummer: 4024021

Modulverantwortliche: Evers, Ferdinand; Schmitteckert, Peter; Poenicke, Andreas

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Theorie der kondensierten Materie, Nano-Physik

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4024021 Vorlesung, 2 SWS; Evers, Ferdinand; Schmitteckert, Peter; Poenicke, Andreas

4024022 Übung, 2 SWS; Schmitteckert, Peter; Poenicke, Andreas; Seiler, Christian; Evers, Ferdinand

Lernziele:

Kennenlernen der wichtigsten numerischen Verfahren der Festkörperphysik mit den dahinterliegenden Grundideen. Vertiefung des Verständnisses physikalischer Phänomene und deren Veranschaulichung durch numerische Simulation und Datenanalyse.

Inhalt:

The advent of powerful algorithms -- like the transfer-matrix method, numerical renormalization group schemes, Krylov-subspace methods, ...-- together with the improving computer power has opened up a new, powerful route to test existing concepts and to obtain new insights into broad classes of physical systems. Nowadays, computational tools are well established in all branches of theoretical physics and make unique and indispensable contributions. Indeed, often they provide the only route for systematic studies and improved understanding.

This lecture offers an introduction into basic computational techniques and the conceptual ideas behind. The pedagogical approach of the lecture will be to start from a fundamental physics example and then develop a numerical approach starting from there. In exercises many practical implementations (e.g. with MatLab) will be given. Concepts of the lecture will be illustrated in terms of simple, but scientifically already meaningful examples.

Vorraussetzungen: keine. Teaching will be in English upon request.

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörpertheorie, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Vorführung und Diskussion eigener Programmierversuche mit MatLab.

Notenbildung:

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

Modul: **Field theories of transport phenomena far from equilibrium**

Lehrveranstaltungsnummer: 4024051

Modulverantwortliche: Mirlin, Gornyi, Protopopov

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Theorie der Kondensierten Materie

Leistungspunkte: 4

Semesterwochenstunden: 2

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4024051 Vorlesung 2 SWS; Mirlin, Gornyi, Protopopov

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

Lernziele:

Vertiefung in dem Gebiet der Theorie der kondensierten Materie; Erlangen von Wissen über wichtigste Phänomene und Konzepte sowie über feldtheoretische Methoden der Untersuchung von Transportphänomenen weit weg vom Gleichgewicht

Inhalt:

Voraussichtliche Struktur der Vorlesung (in engl. Sprache):

1. Introduction
2. Classical stochastic systems, Langevin and Focker-Planck equations, Martin-Siggia-Rose formalism, phase transitions and critical dynamics
3. Quantum transport far from equilibrium, Keldysh formalism, quantum kinetic equation, full counting statistics
4. Disordered fermions: Keldysh non-linear sigma-model and its applications
5. Nonequilibrium Fermi-edge singularity, nonequilibrium phenomena in interacting 1D systems

Literatur:

- L.D. Landau, E.M. Lifschitz, vol. 9: Physical kinetics.
- A. Kamenev, Field theory of non-equilibrium systems.
- Kadanoff, Baym. Quantum statistical mechanics.
- Rammer, Quantum field theory of non-equilibrium states.
- Nazarov, Blanter. Quantum transport: Introduction to nanoscience.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Kurzvorträgen im Rahmen der Vorlesung

Notenbildung:

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

Modul: Theoretische Teilchenphysik II

Lehrveranstaltungsnummer: 4026011

Modulverantwortliche: Margarete Mühlleitner

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er: Quantenfeldtheorie, Theoretische Teilchenphysik

Leistungspunkte: 12

Semesterwochenstunden: 6

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4026011 Vorlesung 4 SWS; M. Mühlleitner

4026012 Übung 2 SWS; M. Mühlleitner, S. Gieseke

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Theoretischen Teilchenphysik I

Lernziele:

Kennenlernen des Standardmodells der Teilchenphysik, von Pfadintegralen, der Renormierung; Lösen komplexer Rechnungen

Inhalt:

Eichsymmetrien, Standardmodell der Teilchenphysik, Higgsboson-Phänomenologie, Pfadintegrale, Renormierung, Quantenchromodynamik, evtl. Theorien jenseits des Standardmodells

Literatur:

Wird in der Vorlesung angegeben

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich 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: QCD und Kolliderphysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4026021

Modulverantwortliche: Zeppenfeld, Dieter; Gieseke, Stefan

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Theoretische Teilchenphysik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4026021 **QCD und Kolliderphysik**

4026022 **Übungen zu QCD und Kolliderphysik**

Lernziele:

Vertiefung in einem Gebiet der Theoretischen Teilchenphysik.

Inhalt:

Partondichten und Berechnung von Wirkungsquerschnitten für Hadronkollider, Kinematik für Hadronkollider, Einführung in die QCD, Pfadintegralformulierung von Quantenfeldtheorien, Anwendung auf nichtabelsche Eichtheorien, Fadeev-Popov Geistfelder, Quantisierung der QCD, Berechnung von Wirkungsquerschnitten, kollinearer und weicher Limes der QCD, DGLAP Gleichung und Partonschauer

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Mitarbeit in den Übungen. Vorrechnen von gelösten Aufgaben

Notenbildung:

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

Modul: **General Relativity and Cosmology I**

Lehrveranstaltungsnummer: 4026041

Modulverantwortliche: Klinkhamer, Frans; Ertl, Sabine

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Theoretische Teilchenphysik

Leistungspunkte: 10

Semesterwochenstunden: 5

Modulturnus: WS (bi-annually, if possible)

Lehr- und Lernformen:

4026041 **General Relativity and Cosmology I;** Klinkhamer, Frans

4026042 **Übungen zu General Relativity and Cosmology I;** Klinkhamer, Frans; Ertl, Sabine

Lernziele:

Vertiefung in einem Gebiet der theoretischen Physik.

Inhalt:

Wird in der Vorlesung genannt.

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Wird in der Vorlesung genannt.

Notenbildung:

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

Modul: **Elektronenmikroskopie I**

Lehrveranstaltungsnummer: 4027021

Modulverantwortliche: Gerthsen, Dagmar

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Kondensierte Materie, Nano-Physik

Leistungspunkte: Vorlesung 4, Praktische Übungen 2

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: in der Regel WS

Lehr- und Lernformen:

4027021 **Elektronenmikroskopie I 2 SWS; D. Gerthsen**

4027022 **Übungen zu Elektronenmikroskopie I, 2SWS; D. Gerthsen und Mitarbeiter**

Voraussetzungen: keine, die Vorlesungen Elektronenmikroskopie I und II sind unabhängig voneinander

Empfehlungen: Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik oder Werkstoffkunde, Quantenmechanik

Lernziele:

Aus Analogien zur Lichtmikroskopie sollen die Studierenden Parallelen und Unterschiede zwischen Lichtmikroskopie und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) sowie Bildentstehung im Transmissionselektronenmikroskop verstehen. Die Studierenden können Wechselwirkung zwischen hochenergetischen Elektronen und Festkörpern beschreiben und erklären (kinematische Beugungstheorie und deren Grenzen bei der Wechselwirkung zwischen Elektronen und Festkörper, dynamische Beugungstheorie). Anhand theoretischer Konzepte für die dynamische Elektronenbeugung und den Abbildungsprozess soll ein Verständnis der TEM Bildinterpretation erreicht werden. Durch Anwendungsbeispiele aus der Festkörperphysik und Materialforschung sollen die Studierenden die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der TEM kennenlernen.

In den Praktischen Übungen werden die theoretischen Konzepte aus der Vorlesung sowie TEM Abbildungsmodi durch Arbeit in kleinen Gruppen visualisiert, geübt und vertieft.

Inhalt:

Transmissionselektronenmikroskopie, hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie, Raster-Transmissionselektronenmikroskopie, kinematische und dynamische Elektronenbeugung im Festkörper, TEM Kontrastentstehung mit Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik, Elektronen-holographie

Literatur:

D.B. Williams, C.B Carter, Transmission Electron Microscopy, 2nd edition, Springer

Leistungsnachweis:

Praktische Übungen: Abgabe von Protokollen

Notenbildung:

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

Modul: Elektronenoptik

Lehrveranstaltungsnummer: 4027031

Modulverantwortliche: Haider, Maximilian; Janzen, Roland

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Nano-Physik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4027031 **Elektronenoptik**

4027032 **Übungen zur Elektronenoptik**

Lernziele:

Vertiefung in einem Gebiet der Nano-Physik.

Inhalt:

Funktions- und Aufbau-Prinzipien von Elektronenmikroskopen,
Grundlagen der bildgebenden Verfahren im Elektronenmikroskop,
Einführung in die Elektronenoptik,
Einführung in die Aberrationstheorie.

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Abgabe von Übungsblättern

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

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3 (2V+1Ü)

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4028011 Vorlesung 2 SWS; Bernhard, Axel; Müller, Anke-Susanne

4028012 Übung zu 4028011, 1 SWS; Bernhard, Widmann, Hillenbrand

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

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

Lernziele:

Nach Besuch der Veranstaltung können Sie wesentlichen Eigenschaften der Synchrotronstrahlung darstellen und die physikalischen Grundlagen sowie die wichtigsten technischen 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 Teilchenensembles 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:

Abgabe von Übungsblättern, Vorrechnen in der Übung, ggf. Kurzvorträge im Rahmen der Vorlesung/Übung

Notenbildung:

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

Modul: **Kristallographische Grundlagen der Festkörperphysik ("Kristallographie")**

Lehrveranstaltungsnummer: 4028031

Modulverantwortlicher: Eichhorn, Klaus

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld: Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4028031 Vorlesung 2 SWS; Eichhorn

4028032 Übung 1 SWS; Eichhorn

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagen der linearen Algebra (Vektoren, Matrizen) werden vorausgesetzt. Kenntnisse über Fouriertransformation und Faltung wären hilfreich zum Verständnis der Röntgenbeugung an Kristallen, sind aber nicht Bedingung.

Lernziele:

Mathematische Grundlagen der Kristallographie für Physiker, Chemiker und Werkstoffwissenschaftler. Anwendungen in der Festkörperphysik. Gebrauch der „International Tables Vol. A“.

Inhalt:

Die Vorlesung gibt eine mathematisch orientierte Darstellung der geometrischen Kristallographie, der Symmetrie- und Gruppentheorie sowie eine Einführung in die Kristallchemie, Kristallphysik und die Röntgenbeugung an kristallinen Festkörpern. Die angebotenen Übungen sind integraler Teil und als Leistungsnachweis erforderlich.

Literatur:

- ◆ G.Burns & A.M.Glazer: Space Groups for Solid State Scientists, 1990;
- ◆ D.Schwarzenbach: Kristallographie, Springer 2001;
- ◆ K.Eichhorn: Vorlesungsskript Kristallographie, 2012.

Leistungsnachweis:

Abgabe von Übungsblättern

Notenbildung:

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

Modul: **Kristallstrukturbestimmung**

Lehrveranstaltungsnummer: 4028041

Modulverantwortlicher: Eichhorn, Klaus

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld: Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: Blockkurs nach Bedarf (zu Beginn des WS/SS)

Lehr- und Lernformen:

4028041 Vorlesung 2 SWS; Eichhorn

4028042 Übung 1 SWS; Eichhorn

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Kristallographische Grundkenntnisse, z.B. der Stoff einer der beiden Vorlesungen „Kristallographische Grundlagen der Festkörperphysik“ oder „Kristallographie für die Angewandten Geowissenschaften“ wären hilfreich, sind aber nicht Voraussetzung. Der Kurs wendet sich an Physiker, Chemiker, Mineralogen, Geologen und Werkstoffwissenschaftler.

Lernziele:

Grundlagen der Röntgenbeugung an Einkristallen. Strukturbestimmung und Strukturverfeinerung mit kommerziellen und freien Programmpaketen. Fehlordnung und Verzwilligung. Interpretation der Ergebnisse. Kristallographische Datenbanken.

Inhalt:

Behandelt werden die Grundlagen der Röntgenstrukturanalyse an Einkristallen. Der Lehrstoff umfasst:

- ◆ Kristallographische Grundlagen, Röntgenbeugung an Einkristallen,
- ◆ Datensammlung und Datenreduktion,
- ◆ Pattersonfunktion und Schweratomtechnik,
- ◆ Intensitätsstatistik und Direkte Methoden,
- ◆ Isomorpher Ersatz, anomale Dispersion, MAD-Phasing,
- ◆ Dual Space Techniken (Shake 'n' Bake) mit Simulated Annealing,
- ◆ Fouriersynthesen und Strukturverfeinerung,
- ◆ Interpretation der Ergebnisse, Kristallographische Datenbanken.

Die praxisnahen Übungen erfolgen mit Computerprogrammen zur automatischen Strukturbestimmung, schwerpunktmäßig mit SHELX/WinGX.

Literatur:

- ◆ W.Borchardt-Ott: Kristallographie, Springer 2002;
- ◆ K.Eichhorn: Vorlesungsskript Strukturbestimmung, 2013.

Weiterführende Literatur und Quellen im Internet werden im Kurs vorgestellt.

Leistungsnachweis:

Lösung von Übungsaufgaben in Gruppenarbeit

Notenbildung:

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

Modul: **Pulverdiffraktometrie**

Lehrveranstaltungsnummer: 4028051

Modulverantwortlicher: Eichhorn, Klaus

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld: Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: Blockkurs nach Bedarf (zu Beginn des WS/SS)

Lehr- und Lernformen:

4028051 Vorlesung 2 SWS; Eichhorn

4028052 Übung 1 SWS; Eichhorn

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Kristallographische Grundkenntnisse, z.B. der Stoff einer der beiden Vorlesungen „Kristallographische Grundlagen der Festkörperphysik“ oder „Kristallographie für die Angewandten Geowissenschaften“ wären hilfreich, sind aber nicht Voraussetzung. Der Kurs wendet sich an Physiker, Chemiker, Mineralogen, Geologen und Werkstoffwissenschaftler.

Lernziele:

Grundlagen der Röntgenbeugung an polykristallinen Proben. Auswertung von Pulverdiffraktogrammen mit kommerziellen und freien Programmpaketen. Strukturbestimmung, Teilchengrößebestimmung und Spannungsanalyse.

Inhalt:

Schwerpunkt des Kurses ist die Rietveld-Technik und ihre Anwendungen zur Kristallstrukturanalyse und zur Probencharakterisierung. Behandelt werden die Grundlagen der Pulverdiffraktometrie sowie Verfahren zur Bestimmung und Verfeinerung von Kristallstrukturen aus Pulverdiffraktogrammen. Auf Seiten der Probencharakterisierung erfolgt eine Einführung in die Bestimmung von Teilchengrößen, in die röntgenographische Spannungsanalyse und in die Eigenschaften von Realkristallen. Die praxisnahen Übungen erfolgen mit Programmpaketen zur Auswertung von Pulverdiagrammen (Fullprof).

Literatur:

- ◆ W.Borchardt-Ott: Kristallographie, Springer 2002;
- ◆ K.Eichhorn: Vorlesungsskript Pulverdiffraktometrie, 2013.

Weiterführende Literatur und Quellen im Internet werden im Kurs vorgestellt.

Leistungsnachweis:

Lösung von Übungsaufgaben in Gruppenarbeit

Notenbildung:

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

Modul: **Modern X-ray physics I – Introduction into Computed Tomography, X-ray Microscopy, Diffraction and Scattering for Life Sciences and Condensed Matter Research**

Lehrveranstaltungsnummer: 4028061 / 4028062

Modulverantwortliche: Baumbach, Tilo; Hofmann, Ralf

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld: Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4028061 Vorlesung 2 SWS; Hofmann, Ralf, Baumbach, Tilo

4028062 Übung 2 SWS; Hofmann, Ralf; Köhl, Martin, Philip Schroth, Marthe Kaufholz, Alexander Schober

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

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

Lernziele:

Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Röntgenphysik als Vertiefung von Themen der Wellenoptik und der Kondensierten Materie eingeführt werden. Er 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 Computertomographie, Röntgenmikroskopie, -beugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (an Synchrotronspeicherringen, Freien Elektronenlasern).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie, den Nanowissenschaften und den Lebenswissenschaften.
- Die Übungen enthalten optional die Möglichkeit der betreuten Durchführung von drei Experimenten an modernsten Röntgengeräten der Nationalen Synchrotronstrahlungsanlage ANKA am KIT CN.

Literatur:

- ◆ Jens Als-Nielsen, Des 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:

- ◆ Abgabe von Übungsblättern
- ◆ Vorrechnen der Übungsblätter in der Übung
- ◆ Optional Durchführung eines Experiments an der Nationalen Synchrotronstrahlungsanlage ANKA

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, Nano-Physik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4028071 Vorlesung 2 SWS; S. Stankov, T. Baumbach

4028072 Übung 1 SWS; S. Stankov, A. Seiler

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Röntgenspektroskopie mit Synchrotronstrahlung als Themenvertiefung der Wellenoptik und der Kondensierten Materie eingeführt werden. Er soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen spektroskopischer Röntgenmessmethoden verstehen und auf festkörperphysikalische Fragestellungen der Nanowissenschaften anwenden lernen.

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. Höhepunkte der Forschung 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:

Vorrechnen der Übungsblätter in der Übung.

Notenbildung:

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