

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPASM	Wahlpflicht

Modultitel **Advanced Soft Matter and Biological Physics**

Modultitel (englisch) Advanced Soft Matter and Biological Physics

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Physik der weichen Materie

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens jedes zweite Semester

Lehrformen

- Vorlesung "Advanced Soft Matter and Biological Physics" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 180 h
- Seminar "Advanced Soft Matter and Biological Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Übung "Advanced Soft Matter and Biological Physics" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 30 h Selbststudium = 45 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

- B.Sc. IPSP
- M.Sc. Physics
- M.Sc. Physik
- M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden erfassen tiefgreifende Begriffe, Phänomene und Konzepte auf verschiedenen Komplexitätsskalen der Physik der weichen Materie. Nach aktiver Teilnahme am Modul sind sie in der Lage fortgeschrittene Konzepte aus dem Bereich Physik der weichen Materie und der biologischen Physik in Beziehung zu setzen, und fundamentale Konzepte anzuwenden. Daraus resultierend können sie Sachverhalte argumentativ darstellen sowie begründen um neue Hypothesen und Fragestellungen zu formulieren.

Inhalt

Es werden hochaktuelle, relevante Themen der Felder Physik der weichen Materie und biologische Physik behandelt. Thematische Grundbausteine sind hierfür:

- Polymernetzwerke (verwoben, vernetzt, aktive Elemente)
- Nicht lineare Effekte und glasartiges Verhalten
- Statik und Dynamik von Netzwerken/Bündeln
- Flüssigkristalle
- Lipidmembranen
- Nicht-affines & Nicht-lineares Verhalten weicher Materie
- Viskoelastizität
- Zeit-Temperatur Superposition
- Nicht-Gleichgewichts Entmischung, Nicht-Gleichgewichts Fluktuationen
- Gleichgewichts Selbst-Assemblierung vs. Nicht-Gleichgewichts Selbst-Organisation
- Plastizität, aktives Verhalten, Brüche, nicht-lineare Eigenschaften
- Jamming Übergänge & Glasartiges Verhalten
- Nicht-Gleichgewichtsdynamik und Entropie in lebenden Systemen

Teilnahmevoraussetzungen

keine

Literaturangabe

- M. Doi, S.F. Edwards: The Theory of Polymer Dynamics (Oxford Science Publication)
- P.G. de Gennes and J. Prost: The Physics of Liquid Crystals (Oxford Academic Press)
- Florian Huber, Jörg Schnauß, Susanne Rönicke, Philipp Rauch, Karla Müller, Claus Fütterer, Josef Käs: Emergent complexity of the cytoskeleton: from single filaments to tissue, Advances in Physics, Volume 62, Issue 1 (2013)
- Bruce Alberts: Molecular Biology of the Cell (Taylor & Francis Ltd.)
- Current review of the field

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 30 Min., mit Wichtung: 1	
<i>Prüfungsvorleistung: Seminarvortrag mit Diskussion (30 Min.)</i>	
	Vorlesung "Advanced Soft Matter and Biological Physics" (4SWS)
	Seminar "Advanced Soft Matter and Biological Physics" (2SWS)
	Übung "Advanced Soft Matter and Biological Physics" (1SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPCQM1	Wahlpflicht

Modultitel **Practical Course: Quantum Theory of Condensed Matter**

Modultitel (englisch) Practical Course: Quantum Theory of Condensed Matter

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Leiter der Abteilung Quantentheorie der kondensierten Materie

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Semester

Lehrformen • Praktikum "Practical Course: Quantum theory of condensed matter" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit M.Sc. Physik
M.Sc. Mathematical Physics
M.Sc. International Physics Studies Program

Ziele Durch die aktive Teilnahme an diesem Modul werden die Studierenden mit den neuesten Entwicklungen in der Quantentheorie der kondensierten Materie vertraut gemacht. Sie erlernen Grundlagen der Literaturrecherche und können wichtige Ergebnisse ausgewählter Arbeiten anhand von aktuellen Arbeiten in Fachjournalen überprüfen. Die Ergebnisse sollen in der Arbeitsgruppe diskutiert und vorgetragen sowie in einer schriftlichen Ausarbeitung dargestellt werden.

Inhalt Korrelierte elektronische Systeme, fraktionalisierte und topologische Phasen der Materie, theoretisch-experimentelle Sonden der Quantenmaterie, nicht-perturbative Methoden für stark gekoppelte Vielteilchensysteme, Anwendungen von Systemen kondensierter Quantenmaterie (z. B. Quantencomputer).

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit: schriftliche Ausarbeitung (4 Wochen) und Präsentation (45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Praktikum "Practical Course: Quantum theory of condensed matter" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPE1	Wahlpflicht

Modultitel **Advanced Solid State Physics**

Modultitel (englisch) Advanced Solid State Physics

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Direktor:in des Felix-Bloch-Instituts für Festkörperphysik

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens jedes zweite Semester

Lehrformen

- Vorlesung "Advanced Solid State Physics" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 120 h
- Seminar "Advanced Solid State Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Advanced Solid State Physics" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 75 h Selbststudium = 90 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Nach aktiver Teilnahme am Modul kennen die Studierenden komplexe Phänomene der Festkörperphysik und wissen, wie diese auf mikroskopische, quantenmechanische und kollektive Mechanismen zurückzuführen sind. Sie sind in der Lage, sich fortgeschrittene Verfahren und Experimente auf dem Gebiet der Festkörperphysik zu erschließen. Die Studierenden können typische Rechenmethoden anwenden und diese auf fortgeschrittene Fragestellungen der fortgeschrittenen Festkörperphysik übertragen.

Inhalt

Es werden Spezialgebiete der Festkörperphysik behandelt, die auch an der Fakultät Gegenstand aktueller Forschung sind:

- Magnetismus
- Supraleitung
- Korrelierte Systeme
- Systeme mit reduzierter Dimensionalität
- Oberflächenphysik
- Strukturanalyse komplexer Festkörper
- Spektroskopie von Quantenfestkörpern
- weiterführende Gebiete der Halbleiterphysik

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

Ch. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik/Introduction to Solid State Physics (Oldenbourg/Wiley)
N.W. Ashcroft, D.N. Mermin, Festkörperphysik/Solid State Physics (Oldenbourg/Holt/Cengage Learning)
P. Philips, Advanced Solid State Physics (Cambridge University Press)

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung:	
Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1 <i>Prüfungsvorleistung: (Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.)</i>	Vorlesung "Advanced Solid State Physics" (4SWS)
	Seminar "Advanced Solid State Physics" (2SWS)
	Übung "Advanced Solid State Physics" (1SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPE2	Wahlpflicht

Modultitel **Soft Matter Physics**

Modultitel (englisch) Soft Matter Physics

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Molekulare Biophysik

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens jedes zweite Semester

Lehrformen • Vorlesung "Experimental Physics 5 - Soft Matter" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 120 h
 • Seminar "Soft Matter Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
 • Übung "Experimental Physics 5 - Soft Matter" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit M.Sc. Physics
 M.Sc. Physik
 M.Sc. International Physics Studies Program

Ziele Die Studierenden erwerben Kenntnisse über folgende fundamentale Gebiete der Physik der weichen Materie:

- Grundlagen der statistischen Physik
- Wechselwirkungskräfte in weichen Systemen
- Dynamik von weichen und biologischen Systemen
- Hydrodynamik
- Grundlagen der Polymerphysik
- Flüssigkristalle und Kolloide
- Methoden zur Untersuchung weicher Materie

Die Studierenden kennen experimentelle als auch theoretische Methoden und Konzepte, um solche Systeme beschreiben und untersuchen zu können. Mit den erworbenen theoretischen Kenntnissen können die Studenten Aufgaben/Anwendungsbeispiele auf dem Gebiet der Physik der weichen Materie selbständig adressieren und in der begleitenden Übung diskutieren.

Sie können eine Methode der Physik der weichen Materie in einem Vortrag präsentieren und die dafür notwendige Literatur beschaffen, auswählen und einordnen.

Inhalt Die Physik der weichen Materie ist ein Teilgebiet der kondensierten Materie und umfasst eine Vielzahl an physikalischen Zuständen, die leicht durch thermische Fluktuationen verändert werden können. Zur weichen Materie zählen Liquide, Kolloide, Polymere, Membranen und biologische Materialien und Moleküle. Innerhalb der Vorlesung wird das Verhalten solcher Systeme erklärt und diskutiert sowie Einblick in experimentelle und theoretische Herangehensweisen zur quantitativen Untersuchung von Materie gegeben. In den Seminarvorträgen werden Methoden zur Untersuchung der Physik der

weichen Materie vorgestellt. Die Prüfung zum Seminar findet als 20 minütiges Einzelreferat inklusive der mündlichen Beantwortung von Fragen zum Vortrag und zu allgemeinen Themen aus dem Bereich Soft Matter Physics statt. Darüber hinaus wird das Wissen mittels Rechenbeispielen und mathematische Lösungen zu Fragestellungen der Physik der weichen Materie in den Übungen vertieft.

Teilnahmevoraussetzungen

keine

Literaturangabe

Jacob N. Israelachvili: Intermolecular and Surface Forces: With Applications to Colloidal and Biological Systems (Academic Press)
 M. Doi und S.F. Edwards: The Theory of Polymer Dynamics (Oxford Academic Press)
 P.G. de Gennes and J. Prost: The Physics of Liquid Crystals (Oxford Academic Press)
 Rob Phillips, Jane Kondev, Julie Theriot: Physical Biology of the Cell (Garland Science)
 Jonathan Howard: Mechanics of Motor proteins and the Cytoskeleton (Sinauer Associates)

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung:	
Klausur* 180 Min., mit Wichtung: 2 <i>Prüfungsvorleistung: (Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.)</i>	Vorlesung "Experimental Physics 5 - Soft Matter" (4SWS)
Referat 20 Min., mit Wichtung: 1	Seminar "Soft Matter Physics" (2SWS)
	Übung "Experimental Physics 5 - Soft Matter" (2SWS)

* Diese Prüfungsleistungen müssen bestanden sein.

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPEMSP	Wahlpflicht

Modultitel **Single-Molecule Spectroscopy**

Modultitel (englisch) Single-Molecule Spectroscopy

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Molekulare Biophysik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Single-Molecule Spectroscopy" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Praktikum "Single-Molecule Spectroscopy" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden erwerben Kenntnisse über grundsätzliche physikalische Techniken und Kenntnisse, die bei der Untersuchung und Charakterisierung von einzelnen biologischen und nichtbiologischen Molekülen als Bestandteile von weicher kondensierter Materie zum Einsatz kommen.

Die Studierenden bekommen einen detaillierten Einblick in dieses Themengebiet und werden befähigt, Einzelmolekülexperimente selbstständig durchzuführen und mittels computergestützten Berechnungen zu analysieren. Die Studierenden vertiefen ihren Einblick in die Struktur und Dynamik weicher und biologischer Systeme.

Inhalt

Vorlesung:

Systeme der biologischen und der weichen Materie können ein komplexes Verhalten hinsichtlich ihrer Struktur und Dynamik aufweisen. Dieses ist in der Regel das Resultat einer kollektiven Wechselwirkung zwischen den einzelnen passiven oder aktiven Molekülen, aus welchen diese Systeme aufgebaut sind. Zum Verständnis, der makroskopische Eigenschaften, ist es dabei unerlässlich die molekularen Eigenschaften der Systeme genauestens zu kennen. Ziel der Veranstaltung ist es, mechanische und optische Einzelmolekülverfahren kennenzulernen, mit denen die Struktur und Dynamik von einzelnen Molekülen analysiert und in Echtzeit verfolgt werden kann. Dies erlaubt z.B. Einblick in Subpopulationen von Molekülen und Zuständen, die Untersuchung von aktiven, d.h. kraftgenerierenden Molekülen als auch Mikroskopie jenseits des Abbe'schen Beugungslimits. Spezielle Themen der Vorlesung sind:

- Struktur und Dynamik von Biomolekülen
- Methoden der Kraftspektroskopie (Pinzettentechniken, AFM)
- Theoretische Beschreibungen von kraftspektroskopischen Experimenten
- Fluoreszenzspektroskopie (Fluoreszenzlebensdauer, Fluoreszenzanisotropie)
- Multidimensionale Fluoreszenzspektroskopie
- Quantitative Auswertung von Fluoreszenzexperimenten mit Anwendungen zur

Struktur von Makromolekülen
 - Grundlagen der Signal- und Datenanalyse in Orts- und Frequenzraum,
 statistischen Analyse von Daten mit limitierter Statistik

Praktikum:
 Durchführung und Analyse von Einzelmolekülexperimenten. Darstellung der
 erzielten Ergebnisse in einem Bericht

**Teilnahmevoraus-
setzungen**

keine.
 Die Vorlesungen "Physik der weichen Materie" als auch "Active Matter Physics"
 sind eine gute Ergänzung zu diesem Kurs.

Literaturangabe

- Jonathan Howard: Mechanics of Motor proteins and the Cytoskeleton (Sinauer Associates)
 - Rob Phillips, Jane Kondev, Julie Theriot: Physical Biology of the Cell (Garland Science)
 - Joseph R. Lakowicz: Principles of Fluorescence Spectroscopy (Springer)

**Vergabe von Leis-
tungspunkten**

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
 Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 30 Min., mit Wichtung: 1	
<i>Prüfungsvorleistung: Praktikumsleistung (3 Protokolle, Bearbeitungszeit 4 Wochen)</i>	
	Vorlesung "Single-Molecule Spectroscopy" (2SWS)
	Praktikum "Single-Molecule Spectroscopy" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHLP6	Wahlpflicht

Modultitel	Semiconductor Physics III: Semiconductor Optics
Modultitel (englisch)	Semiconductor Physics III: Semiconductor Optics
Empfohlen für:	1. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Halbleiterphysik
Dauer	2 Semester
Modulturnus	jedes Wintersemester
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung mit integrierter Übung "Semiconductor Optics 1 - Fundamentals and Experimental Methods" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h • Vorlesung mit integrierter Übung "Semiconductor Optics 2 - Photonic Systems and Devices" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
Arbeitsaufwand	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. Physics M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
Ziele	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> - erwerben grundlegende Kenntnisse im Bereich der Kristall- und Halbleiteroptik sowie zu ausgewählten Aspekten der Physik der Licht-Materie-Wechselwirkung in modernen halbleiterbasierten photonischen Systemen - erlangen bzw. vertiefen Kenntnisse über spezielle experimentelle Methoden der Optik - lernen, aktuelle themenbezogene Veröffentlichungen kritisch zu bewerten bzw. nachzuvollziehen und in den historischen Kontext zu stellen.
Inhalt	Folgende Themen werden behandelt: <ul style="list-style-type: none"> - Kristall- und Polarisationsoptik (Grundlagen und ihre praktische Anwendung) - Photonen in beschränkten photonischen Systemen (Resonatoren) - Elementaranregungen in 3D-periodischen Strukturen - schwache und starke Licht-Materie-Wechselwirkung - experimentelle optische Methoden (z.B. Raman-Streuung, IR-Spektroskopie, Ellipsometrie, Transmission- und Absorptionsspektroskopie) - opto-elektronische Bauelemente (z.B. Photodioden inkl. Solarzelle, LED, Laser etc.).
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	<ul style="list-style-type: none"> - C.F.Klingshirn: Semiconductor Optics; Springer, Berlin, 2007. - P.Y.Yu and M.Cardona: Fundamentals of Semiconductors; Springer, Berlin, 1996. - M. Born and E.Wolf: Principles of Optics; Cambridge University Press, Cambridge, 1999. - M. Grundmann: The Physics of Semiconductors, An Introduction including Devices and Nanophysics Springer, Heidelberg, 2016 (3rd edition).

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Hausarbeit (4 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Vorlesung mit integrierter Übung "Semiconductor Optics 1 - Fundamentals and Experimental Methods" (2SWS)
	Vorlesung mit integrierter Übung "Semiconductor Optics 2 - Photonic Systems and Devices" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPIOM6	Wahlpflicht

Modultitel **Magnetism**

Modultitel (englisch) Magnetism

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Angewandte Physik

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens einmal alle 2 Jahre

Lehrformen

- Vorlesung "Magnetism" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Magnetism and Micromagnetic Modeling" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden sind nach der aktiven Teilnahme am Modul in der Lage, die Physik des Magnetismus basierend auf den Konzepten der Atom- und Festkörperphysik qualitativ und quantitativ zu verstehen. Sie lernen ferner moderne Anwendungen und aktuelle Herausforderungen im Bereich des Magnetismus von den physikalischen Grundlagen her kennen. Dabei werden sie auch in moderne Verfahren, wie der mikromagnetischen Modellierung, eingeführt. Nach aktiver Teilnahme sind sie in der Lage, eigenständig in den genannten Bereichen zu arbeiten.

Inhalt

Vorlesung:

- Grundlagen: Definitionen, Magnetismus freier Atome
- Heisenberg-Spin-Hamiltonoperator, Austauschwechselwirkung, Molekularfeldnäherung
- Bandmagnetismus, Stoner-Modell
- Magnetismus an Oberflächen und Grenzflächen
- Dimensionseffekte
- Quantentopfzustände, Zwischenschicht-Austauschkopplung
- Spinabhängiger Transport, GMR, TMR, Spin-Valves, CMR
- Magnetische Speicher
- Exchange spring magnets, ferromagnetische Formgedächtnislegierungen

Seminar:

Begleitend zur Vorlesung werden Vorträge zu speziellen Themen aus dem Bereich des Mikromagnetismus (mit starkem Fokus auf magnetischen Domänen) und dessen Modellierung von den Modulteilnehmern gehalten.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

D.C. Jiles: Introduction to Magnetism and Magnetic Materials (Chapman & Hall, 1990)
 S. Chikazumi, S. Charap: Physics of Magnetism (Krieger, 1978)
 D. Craik: Magnetism: Principles and Applications (Wiley, 1995)
 O'Handley: Modern Magnetic Materials: Principles and Applications (Wiley, 1999)
 W. Nolting: Quantentheorie des Magnetismus 1 und 2 (Teubner, 1986)
 A. Hubert, R. Schäfer, Magnetic Domains (Springer, 1998)
 A. Aharoni: Introduction to the Theory of Ferromagnetism (Claredon Press, 1996)

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben.
 Näheres regelt die Prüfungsordnung

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Klausur 90 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Magnetism" (2SWS)
	Seminar "Magnetism and Micromagnetic Modeling" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPKP1	Wahlpflicht

Modultitel **Nuclear Physics**

Modultitel (englisch) Nuclear Physics

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Struktur und Eigenschaften komplexer Festkörper

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Nuclear Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Nuclear Physics" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse über die grundlegenden Eigenschaften von Atomkernen und lernen verschiedene Modelle zu deren Beschreibung kennen. Sie werden befähigt, die Leistungen und Grenzen dieser Modelle zu analysieren und zu bewerten. Sie können einen experimentellen Aspekt der Kernphysik (Detektor, Beschleuniger, ...) in einem Kurzvortrag präsentieren und sich das dafür notwendige Wissen selbständig aneignen sowie die Inhalte auswählen und in den Vorlesungsstoff einordnen. Sie diskutieren Vor- und Nachteile von kernphysikalischen Anwendungen (Kernreaktoren, medizinische Anwendungen).

Inhalt

Beschleuniger, Wechselwirkung von Teilchen mit Materie, Detektoren. Masse, Bindungsenergie, Radius, Ladungsdichteverteilung, Spin, Kernmomente, Parität. Tröpfchenmodell, Weizsäcker-Formel, Fermi-Gas-Modell, Schalenmodell, Rotations- und Vibrationsmodell. Radioaktivität, Zerfallsgesetz, Zerfallsarten. Kernspaltung, Kernfusion, medizinische Anwendungen.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

Bethge/Walter/Wiedemann, Kernphysik, Springer
Mayer-Kuckuk, Kernphysik, Teubner
Musiol/Ranft/Reif/Seeliger, Kern- und Elementarteilchenphysik, VCH
Krane, Introductory nuclear physics, Wiley
Hodgson, Gadioli, Gadioli-Erba, Introductory nuclear physics, Clarendon Press

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Klausur 90 Min., mit Wichtung: 1***Prüfungsvorleistung: Seminarvortrag (15 min) zu einem experimentellen Aspekt der Kernphysik (Detektoren, Beschleuniger, Anwendungen) mit anschließender Diskussion und Bereitstellung der Vortragsfolien*

	Vorlesung "Nuclear Physics" (2SWS)
	Seminar "Nuclear Physics" (1SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPM1	Wahlpflicht

Modultitel Cellular Biophysics

Modultitel (englisch) Cellular Biophysics

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Biologische Physik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Cellular Biophysics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Cellular Biophysics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden

- erschließen sich, aufbauend auf einer soliden physikalischen Grundausbildung, ein Forschungsgebiet der physikalischen Institute;
- gewinnen grundlegende Kenntnisse über physikalische Eigenschaften der Zellen und physikalische Prozesse bei fundamentalen biologischen Vorgängen
- erschließen sich aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der zellulären Biophysik.

Inhalt

Das Modul baut auf der Ausbildung in Experimenteller und Theoretischer Physik im Bachelorstudium auf.

1. Vorlesung "Cellular Biophysics"

Es werden grundlegende physikalische Eigenschaften der für biologische Zellen wichtigen funktionellen Module behandelt.

Stichpunktartiger Inhalt der Vorlesung:

- Aufbau der Zelle
- Zellbestandteile: Zellmembran, Zellorganellen, Zellskelett
- Zellteilung und Zellzyklus
- Transkription (DNA) und Translation (Proteine): Organisation des Genoms
- Zelloberflächenrezeptoren: Zell-Matrix und Zell-Zell Adhäsion
- Makromoleküle der extrazellulären Matrix
- Mikromechanik der Zelle
- Endothelzellmechanik

2. Seminar "Cellular Biophysics"

Aktuelle grundlegende Arbeiten aus dem Bereich der zellulären Biophysik werden in Einzelreferaten und anhand von Aufgaben erarbeitet.

Hinweis zur Prüfung: Die Zusammensetzung des Portfolios wird von den Lehrenden zu Beginn des Moduls bekanntgegeben. Beispiele für Leistungen im

Portfolio sind: Präsentationen, Referate, Diskussionsbeiträge und schriftliche Tests. Die Bearbeitungszeit für die Zusammenstellung des Portfolios nach Erbringung aller Leistungen beträgt vier Wochen.

Teilnahmevoraussetzungen

keine

Literaturangabe

Claudia Tanja Mierke, Cellular Mechanics and Biophysics, Structure and Function of Basic Cellular Components Regulating Cell Mechanics, eBook ISBN: 978-3-030-58532-7

Erich Sackmann und Rudolf Merkel, Lehrbuch der Biophysik, Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-40535-0

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Portfolio, mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Cellular Biophysics" (2SWS)
	Seminar "Cellular Biophysics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPMQ3	Wahlpflicht

Modultitel	Nuclear Magnetic Resonance Laboratory
Modultitel (englisch)	Nuclear Magnetic Resonance Laboratory
Empfohlen für:	1./2. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Magnetische Resonanz komplexer Quantenfestkörper
Dauer	1 Semester
Modulturnus	jedes Semester
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Praktikum "Nuclear Magnetic Resonance Laboratory" (7 SWS) = 105 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 150 h
Arbeitsaufwand	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. Physics M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
Ziele	Die Studierenden erlernen die selbstständige Durchführung von Spinresonanzexperimenten Sie <ul style="list-style-type: none"> - erschließen sich, aufbauend auf einer soliden physikalischen Grundausbildung, eine moderne Untersuchungsmethode der physikalischen Institute; - sind mit den theoretischen Grundkonzepten der Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie vertraut und eignen sich praktische Kenntnisse der Anwendung der NMR-Spektroskopie im Bereich der Festkörperphysik und Materialwissenschaften an; - vertiefen ihre praktischen Kenntnisse durch Anwendung ausgewählter NMR-Methoden und dem Auf- bzw. Ausbau eines NMR-Spektrometers
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen der Hochfrequenz-Messtechnik und Signalverarbeitung in der NMR Spektroskopie - statische und MAS NMR Verfahren - Echo-Methoden - Doppelresonanz-Experimente - Anwendung der erlernten Kenntnisse beim Aufbau eines Lehrspektrometers
Teilnahmevoraussetzungen	Teilnahme an den Modulen 12-PHY-BW3MQ1 "Spinresonanz I" und 12-PHY-MWPAMR1 "Magnetic Resonance and Imaging in Soft Matter" oder vergleichbare Kenntnisse
Literaturangabe	<ul style="list-style-type: none"> - Slichter: Principles of Magnetic Resonance (Springer) - Levitt: Spin Dynamics (Wiley)
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Schriftliche Ausarbeitung (Bearbeitungszeit 4 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Praktikum "Nuclear Magnetic Resonance Laboratory" (7SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPMQ4	Wahlpflicht

Modultitel **Electronic Spin Resonance Laboratory**

Modultitel (englisch) Electronic Spin Resonance Laboratory

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Magnetische Resonanz komplexer Quantenfestkörper

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Semester

Lehrformen • Praktikum "Electronic Spin Resonance Laboratory" (7 SWS) = 105 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Messverfahren der cw und gepulsten Elektronen Paramagnetischen Resonanz (EPR)-Spektroskopie und eignen sich Kenntnisse über deren Anwendung im Bereich der Festkörperphysik und Materialwissenschaften an. Sie vertiefen ihre praktischen Kenntnisse durch die Bearbeitung eines eigenen Forschungsobjektes innerhalb des Praktikums.

Inhalt Im Praktikum werden den Studierenden die quantenmechanischen Grundlagen der cw EPR, deren experimentelle Technik und ein Überblick über deren verschiedene Anwendungsgebiete (Festkörper- und Halbleiterphysik, Materialwissenschaften) vermittelt. Weiterhin machen sich die Teilnehmer mit einer repräsentativen Auswahl von Impuls-EPR (ESEEM, HYSCORE) und Doppelresonanzexperimenten (ENDOR) vertraut.

Teilnahmevoraussetzungen Teilnahme an den Modulen 12-PHY-BW3MQ1 "Spinresonanz I" und 12-PHY-MWPAMR1 "Magnetic Resonance and Imaging in Soft Matter" oder vergleichbare Kenntnisse

Literaturangabe - Weil, Bolton: Electron Paramagnetic Resonance (Wiley)

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Schriftliche Ausarbeitung (Bearbeitungszeit 4 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Praktikum "Electronic Spin Resonance Laboratory" (7SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPPOC1	Wahlpflicht

Modultitel **Physics of Cancer I**

Modultitel (englisch) Physics of Cancer I

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Biologische Physik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Physics of Cancer I" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Physics of Cancer I" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden

- erhalten eine Einführung in ein interdisziplinäres Gebiet der Physik, Biochemie und Medizin,
- gewinnen grundlegende Kenntnisse über mechanische Eigenschaften von Krebszellen und Krebszellclustern und über physikalische Prozesse bei der Entstehung von Tumoren und ihrer bösartigen Fortschreitung
- erschließen sich aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Physik des Tumors.

Inhalt

1.) Vorlesung Physics of Cancer I
Es werden grundlegende physikalische Eigenschaften von Tumorzellen behandelt, die für den Fortschritt der Krankheit von großer Bedeutung sind:

- Entstehung von Tumoren
- Gutartiger oder bösartiger Tumor und Metastasierung
- Merkmale von Krebserkrankungen
- Zellkulturtechnik von Krebszellen
- Einfluss der Zellkultur auf die Mechanik der Tumorzellen
- Motilitätssays in 2D und 3D und biochemische und physikalische Migrationsmodelle
- Interaktion von Tumorzellen mit ihrer Umgebung
- Einfluss der Umgebungsmechanik auf die Zellmechanik
- Entzündung und Tumore: Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften von Tumorzellen
- Tumorspheroide und Messung ihrer mechanischen Eigenschaften
- Analyse der mechanischen Eigenschaften von Tumorresektaten

2.) Seminar Physics of Cancer I
Im Seminar werden grundlegende Konzepte, experimentelle Methoden und aktuelle wissenschaftliche Fachartikel zu den obigen Themengebieten behandelt. Die Teilnehmenden stellen Themen zu einem vorgegebenem grundlegenden

Paper/Buch oder Konzept aus dem Bereich Physics of Cancer in Einzel- oder Gruppenreferaten vor und beantworten Fragen in der Diskussion zum Vortrag.

- Hinweis zur Prüfung: Die Zusammensetzung des Portfolios wird von den Lehrenden zu Beginn des Moduls bekanntgegeben. Beispiele für Leistungen im Portfolio sind: Präsentationen, Referate, Diskussionsbeiträge und schriftliche Tests. Die Bearbeitungszeit für die Zusammenstellung des Portfolios nach Erbringung aller Leistungen beträgt vier Wochen.

Teilnahmevoraussetzungen

keine

Literaturangabe

Claudia Tanja Mierke, Physics of Cancer Volume 1, IOP Publishing, Online ISBN: 978-0-7503-1753-5 and Print ISBN: 978-0-7503-1751-1
Claudia Tanja Mierke, Physics of Cancer Volume 2, IOP Publishing, Online ISBN: 978-0-7503-2117-4 and Print ISBN: 978-0-7503-2114-3

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Portfolio, mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Physics of Cancer I" (2SWS)
	Seminar "Physics of Cancer I" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPQFG1	Wahlpflicht

Modultitel General Relativity

Modultitel (englisch) General Relativity

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Quantenfeldtheorie und Gravitation, Leiter:in der Abteilung Theorie der Elementarteilchen

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen

- Vorlesung "General Relativity" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h
- Übung "General Relativity" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. IPSP
M.Sc. Mathematical Physics
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik

Ziele

Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden:

- die grundlegenden Begriffe, Konzepte und Methoden der allgemeinen Relativitätstheorie mündlich und schriftlich darstellen und erläutern;
- diese anwenden, um das Verhalten einfacher allgemein relativistischer Systeme zu untersuchen und vorherzusagen;
- einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen.

Inhalt

- Begriffe aus der speziellen Relativitätstheorie, Masse-Energie-Äquivalenz
- Grundlagen der Differentialgeometrie: Mannigfaltigkeiten, Tangentialbündel, Tensorfelder, Metrik und Zusammenhänge, Geodäten, Riemannscher Krümmungstensor, Jacobigleichung, Isometrien, Foliationen
- Einsteinsche Feldgleichung und Interpretation, spezielle Lösungen: Friedmann-Robertson-Walker kosmologische Modelle, kosmische Expansion; Schwarzschild-Außenraum-Lösung, Innenraum-Lösung.
- Stabilität von Sternmaterie, Oppenheimer-Tolman-Volkhoff-Limit, Harrison-Wheeler-Diagramm, Chandrasekar-Grenze. Gravitationskollaps zu schwarzem Loch.
- Raumzeit-Struktur von schwarzen Löchern, Singularitäten, Horizonte, kosmische Zensur, Singularitätentheoreme

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

R.M. Wald: General Relativity, University of Chicago Press, 1984;
S.M. Carroll: Spacetime and Geometry, Addison-Wesley 2003.
J.B. Hartle: Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Cummings 2002.

N. Straumann, General Relativity, Springer 2013.

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1

Prüfungsvorleistung: Regelmäßig ausgegebene Übungsaufgaben aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.

Vorlesung "General Relativity" (4SWS)

Übung "General Relativity" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPQFG6	Wahlpflicht

Modultitel	Practical Course: Quantum Field Theory and Gravity
Modultitel (englisch)	Practical Course: Quantum Field Theory and Gravity
Empfohlen für:	1./2. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Quantenfeldtheorie und Gravitation
Dauer	1 Semester
Modulturnus	jedes Semester
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Praktikum "Practical Course: Quantum Field Theory and Gravity" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h
Arbeitsaufwand	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. IPSP M.Sc. Mathematical Physics M.Sc. Physics M.Sc. Physik
Ziele	Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> - sich in konzeptionelle und methodische Techniken der Quantenfeldtheorie und Gravitation einarbeiten, - Grundbegriffe der Literaturrecherche - einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen.
Inhalt	Die Inhalte des Moduls werden den Interessen und dem Wissensstand des/der Studierenden angepasst. Folgende Themenbereiche stehen zum Beispiel dem/der Studierenden zur Auswahl: Eichfeldtheorie, differentialgeometrische Aspekte der Theoret. Physik, Gravitationstheorie, Quantenfeldtheorie, nicht-kommutative Geometrie, Quanteninformationstheorie Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache gehalten. Studien- und Prüfungsleistungen sind in englischer Sprache zu erbringen.
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit (Bearbeitungszeit 4 Wo., Präsentation 45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Praktikum "Practical Course: Quantum Field Theory and Gravity" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPQT3	Wahlpflicht

Modultitel Quantum Technology 3

Modultitel (englisch) Quantum Technology 3

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Angewandte Quantensysteme

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Quantum Technology 3" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Quantum Technology 3" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden sind nach der erfolgreichen Teilnahme am Kurs in der Lage

- sich, aufbauend auf einer soliden physikalischen Grundausbildung, eine aktuelle Anwendung von Quantentechnologie in Wissenschaft und Technik selbstständig zu erschließen und in Form einer Präsentation darzustellen
- Methoden und Herausforderungen der Quantentechnologie zu erklären und zu bewerten
- das erlernte Wissen auf hypothetische Einsatzszenarien anzuwenden.

Inhalt

Die Vorlesung gibt eine Einführung in Quantentechnologie, Quantencomputer und Quantensensoren.
Themenkomplexe:
Was sind Qubits? Grundlagen eines Computers, Quantencomputer, Quantenerrorcorrection, Adiabatischer QC (D-WAVE), Quanten-Sensoren, Praktische Realisierung.

Teilnahmevoraussetzungen

keine
Teilnahme am Modul 12-PHY-MWPQT2 wird empfohlen.

Literaturangabe

Quantum Computation and Quantum Information: M.A. Nielsen and I.L.Chung.
ISBN 978-1-1-107-00217-3

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Klausur 120 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Quantum Technology 3" (2SWS)
	Seminar "Quantum Technology 3" (1SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSKM	Wahlpflicht

Modultitel Specialized Topics of Solid State Physics

Modultitel (englisch) Specialized Topics of Solid State Physics

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Direktor/in des Felix-Bloch-Instituts für Festkörperphysik

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens jedes zweite Semester

Lehrformen • Seminar mit Übungsanteil "Specialized Topics of Solid State Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit M Sc. Physics
M Sc. International Physics Studies Program
B.Sc. International Physics Studies Program (Honours)

Ziele Nach aktiver Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, zu fortgeschrittenen Themen der Festkörperphysik Literaturquellen zu erschließen und kritisch zu analysieren. Zudem können sich die Studierenden in ein aktuelles Forschungsthema einarbeiten und dieses in schriftlicher und mündlicher Form verständlich darstellen. Die Studierenden vertiefen so ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, im Erstellen wissenschaftlicher Dokumente und in der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

Inhalt Das Seminar befasst sich mit einem speziellen aktuellen Forschungsgebiet der Festkörperphysik. Themen aus diesem Forschungsgebiet werden von den Studierenden in mündlichen, medial unterstützten Referaten präsentiert und ausführlich zur Diskussion gestellt. Anschließend werden die Themen in einer schriftlichen Ausarbeitung dargestellt, wobei explizit auf die Diskussionsergebnisse eingegangen werden soll.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe R. Geroch: "Suggestions for giving talks"
Weitere Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit: schriftliche Ausarbeitung (3 Wochen) und Präsentation (45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Seminar mit Übungsanteil "Specialized Topics of Solid State Physics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSMP	Wahlpflicht

Modultitel Specialized Topics of Theoretical and Mathematical Physics

Modultitel (englisch) Specialized Topics of Theoretical and Mathematical Physics

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Direktor/in des Instituts für Theoretische Physik

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens jedes zweite Semester

Lehrformen • Seminar mit Übungsanteil "Specialized Topics of Theoretical and Mathematical Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit M Sc. Physics
M Sc. International Physics Studies Program
M Sc. Mathematical Physics
B.Sc. International Physics Studies Program (Honours)

Ziele Nach aktiver Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, zu fortgeschrittenen Themen der mathematischen und theoretischen Physik Literaturquellen zu erschließen und kritisch zu analysieren. Zudem können sich die Studierenden in ein aktuelles Forschungsthema einarbeiten und dieses in schriftlicher und mündlicher Form verständlich darstellen. Die Studierenden vertiefen so ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, im Erstellen wissenschaftlicher Dokumente und in der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

Inhalt Das Seminar befasst sich mit einem speziellen aktuellen Forschungsgebiet der mathematischen und theoretischen Physik. Themen aus diesem Forschungsgebiet werden von den Studierenden in mündlichen, medial unterstützten Referaten präsentiert und ausführlich zur Diskussion gestellt. Anschließend werden die Themen in einer schriftlichen Ausarbeitung dargestellt, wobei explizit auf die Diskussionsergebnisse eingegangen werden soll.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe R. Geroch: "Suggestions for giving talks"
Weitere Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit: schriftliche Ausarbeitung (3 Wochen) und Präsentation (45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Seminar mit Übungsanteil "Specialized Topics of Theoretical and Mathematical Physics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSTP	Wahlpflicht

Modultitel Specialized Topics of Theoretical Physics

Modultitel (englisch) Specialized Topics of Theoretical Physics

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Direktor/in des Instituts für Theoretische Physik

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens jedes zweite Semester

Lehrformen • Seminar mit Übungsanteil "Specialized Topics of Theoretical Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit M Sc. Physics
M Sc. International Physics Studies Program
M Sc. Mathematical Physics
B.Sc. International Physics Studies Program (Honours)

Ziele Nach aktiver Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, zu fortgeschrittenen Themen der theoretischen Physik Literaturquellen zu erschließen und kritisch zu analysieren. Zudem können sich die Studierenden in ein aktuelles Forschungsthema einarbeiten und dieses in schriftlicher und mündlicher Form verständlich darstellen. Die Studierenden vertiefen so ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, im Erstellen wissenschaftlicher Dokumente und in der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

Inhalt Das Seminar befasst sich mit einem speziellen aktuellen Forschungsgebiet der theoretischen Physik. Themen aus diesem Forschungsgebiet werden von den Studierenden in mündlichen, medial unterstützten Referaten präsentiert und ausführlich zur Diskussion gestellt. Anschließend werden die Themen in einer schriftlichen Ausarbeitung dargestellt, wobei explizit auf die Diskussionsergebnisse eingegangen werden soll.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe R. Geroch: "Suggestions for giving talks"
Weitere Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit: schriftliche Ausarbeitung (3 Wochen) und Präsentation (45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Seminar mit Übungsanteil "Specialized Topics of Theoretical Physics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSTP2	Wahlpflicht

Modultitel	Statistical Mechanics of Deep Learning
Modultitel (englisch)	Statistical Mechanics of Deep Learning
Empfohlen für:	1. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Quantum Statistical Physics
Dauer	1 Semester
Modulturnus	jedes Wintersemester
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung "Statistical Mechanics of Deep Learning" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 90 h Selbststudium = 150 h • Seminar "Statistical Mechanics of Deep Learning" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h
Arbeitsaufwand	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	M.Sc. Physics M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
Ziele	Die Studierenden erwerben Kenntnisse über grundsätzliche Einsichten der statistischen Mechanik in die Funktionsweise von neuronalen Netzwerken. Hierbei werden physikalische Techniken verwendet, welche auch zur Analyse von wechselwirkenden Spinsystemen eingesetzt werden. Mit den erworbenen Kenntnissen erhalten die Studenten Einsichten in die Funktionsweise von tiefen neuronalen Netzwerken. Sie werden befähigt, Fachliteratur zur statistischen Analyse neuronaler Netzwerke zu verstehen, zu diskutieren und zu bewerten.
Inhalt	Struktur von tiefen neuronalen Netzwerken, Back-Propagation Algorithmus, Training von neuronalen Netzen am Beispiel des MNIST Datensatzes, Analyse von Gibbs und Online-Lernen eines Perzeptrons in der Lehrer-Schüler Konfiguration, Berechnung von Quenched Averages mit Hilfe der Replika-Methode, Analyse von Zweischicht-Netzwerken am Beispiel der Committee Machine, Bias-Variance Trade-off, Zufallsmatrix-Theorie und Analyse von Gewichts-Matrizen, Anwendung neuronaler Netze zur Lösung physikalischer Probleme
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	- A. Engel and C. van den Broeck, Statistical Mechanics of Learning, Cambridge University Press
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.

Vorlesung "Statistical Mechanics of Deep Learning" (4SWS)

Seminar "Statistical Mechanics of Deep Learning" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSUM3	Wahlpflicht

Modultitel **Superconductivity and Magnetism Laboratory**

Modultitel (englisch) Superconductivity and Magnetism Laboratory

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Supraleitung und Magnetismus

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen • Praktikum "Superconductivity and Magnetism Laboratory" (7 SWS) = 105 h
Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele Die Studierenden erhalten einen Überblick über typische Messmethoden der Charakterisierung von Supraleiter und magnetischen Materialien und vertiefen ihre Kenntnisse durch das Anwenden ausgewählter Methoden der Tieftemperatur Physik im Praktikum. Sie treten erstmals mit den Anforderungen der internationalen Forschung innerhalb der Festkörperphysik in Kontakt.

Inhalt - Probenpräparation, teilweise mit dem fokussierten Ionenstrahlmikroskop
- Charakterisierung mit Methoden zum elektrischen Magnetowiderstand, SQUID und AC-Suszeptibilitätsmagnetometer, Micro-Hall-Sensoren, Kapazitätsmessungen und mit mikroskopischen Methoden wie Magnetkraft- und Rasterkraftmikroskopie, Andreev-Streuung, Rastertunnelmikroskopie

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe - Kittel: Introduction to Solid State Physics (Wiley) Kapiteln über Supraleitung bzw. Diamagnetismus-Paramagnetismus-Ferromagnetismus

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Praktikumsleistung (1 Protokoll (Bearbeitungsdauer 3 Wochen)), mit Wichtung: 1	
<i>Prüfungsvorleistung: Referat (45 Min.)</i>	
	Praktikum "Superconductivity and Magnetism Laboratory" (7SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSWM	Wahlpflicht

Modultitel Specialized Topics of Soft Matter Physics

Modultitel (englisch) Specialized Topics of Soft Matter Physics

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Direktor/in des Peter-Debye-Instituts für Physik der weichen Materie

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens jedes zweite Semester

Lehrformen • Seminar mit Übungsanteil "Specialized Topics of Soft Matter Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit M Sc. Physics
M Sc. International Physics Studies Program
B.Sc. International Physics Studies Program (Honours)

Ziele Nach aktiver Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, zu fortgeschrittenen Themen der Physik der weichen Materie Literaturquellen zu erschließen und kritisch zu analysieren. Zudem können sich die Studierenden in ein aktuelles Forschungsthema einarbeiten und dieses in schriftlicher und mündlicher Form verständlich darstellen. Die Studierenden vertiefen so ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, im Erstellen wissenschaftlicher Dokumente und in der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

Inhalt Das Seminar befasst sich mit einem speziellen aktuellen Forschungsgebiet der Physik der weichen Materie. Themen aus diesem Forschungsgebiet werden von den Studierenden in mündlichen, medial unterstützten Referaten präsentiert und ausführlich zur Diskussion gestellt. Anschließend werden die Themen in einer schriftlichen Ausarbeitung dargestellt, wobei explizit auf die Diskussionsergebnisse eingegangen werden soll.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe R. Geroch: "Suggestions for giving talks"
Weitere Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit: schriftliche Ausarbeitung (3 Wochen) und Präsentation (45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Seminar mit Übungsanteil "Specialized Topics of Soft Matter Physics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPT1	Wahlpflicht

Modultitel **Advanced Quantum Mechanics**

Modultitel (englisch) Advanced Quantum Mechanics

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Quantenfeldtheorie und Gravitation

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Advanced Quantum Mechanics" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h
- Übung "Advanced Quantum Mechanics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. IPSP
M.Sc. Mathematical Physics
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik

Ziele

Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden:

- die grundlegenden Begriffe, Konzepte, Methoden und Ergebnisse der fortgeschrittenen Quantenmechanik mündlich und schriftlich darstellen und erläutern;
- diese anwenden, um das Verhalten quantenmechanischer Systeme zu untersuchen und vorherzusagen;
- einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen
- die erworbenen Kenntnisse auf neue Problemstellungen übertragen;
- ihr Fachwissen anhand von Originalliteratur selbstständig erweitern

Inhalt

Zustandsraum, Grundbegriffe der Quanteninformation, Symmetrie und Invarianz, identische Teilchen, Streutheorie, Näherungsmethoden für gebundene Zustände, (zeitabhängige und zeitunabhängige Störungstheorie, Variationsmethoden), relativistische Quantenmechanik

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

A. Galindo, P. Pascual: Quantum Mechanics 1 & 2, Springer TMP, 1991;
A. Peres: Quantum Theory: Concepts and Methods, Kluwer 1998;
F. Schwabl: Advanced Quantum Mechanics, Springer, 2005

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

Prüfungsvorleistung: Regelmäßig ausgegebene Übungsaufgaben aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.

Vorlesung "Advanced Quantum Mechanics" (4SWS)

Übung "Advanced Quantum Mechanics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPTET4	Wahlpflicht

Modultitel Relativistic Quantum Field Theory

Modultitel (englisch) Relativistic Quantum Field Theory

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Theorie der Elementarteilchen

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens einmal alle 2 Jahre

Lehrformen

- Vorlesung "Relativistic Quantum Field Theory" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h
- Übung "Relativistic Quantum Field Theory" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
 M.Sc. IPSP
 M.Sc. Mathematical Physics
 M.Sc. Physics
 M.Sc. Physik

Ziele

Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden:

- die grundlegenden Begriffe, Konzepte und Methoden der relativistischen Quantenfeldtheorie mündlich und schriftlich darstellen und erläutern;
- diese anwenden, um das Verhalten einfacher feldtheoretischer Systeme zu untersuchen und vorherzusagen;
- einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen.

Inhalt

- Freie quantisierte Feldtheorien
- Fock-Raum, Darstellungen der Poincaré-Gruppe
- Streumatrix, Feynman-Regeln
- Störungsentwicklungen, Grundzüge der Renormierungstheorie
- Eichfeldtheorien

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

M. Srednicki, Quantum Field Theory, Cambridge University Press (2007)
 C. Itzykson, J.B. Zuber, Quantum Field Theory, Dover Books on Physics (2006)
 S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields, Cambridge University Press (1995)
 J. Zinn-Justin, Quantum field theory and critical phenomena, Oxford University Press, (1996)

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

Prüfungsvorleistung: Regelmäßig ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.

Vorlesung "Relativistic Quantum Field Theory" (4SWS)

Übung "Relativistic Quantum Field Theory" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPTKM3	Wahlpflicht

Modultitel Theory of Soft and Bio Matter

Modultitel (englisch) Theory of Soft and Bio Matter

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Theorie der kondensierten Materie

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens einmal alle 2 Jahre

Lehrformen

- Vorlesung "Theory of Soft and Bio Matter" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h
- Übung "Theory of Soft and Bio Matter" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. IPSP
M.Sc. Mathematical Physics
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik

Ziele

Die Studierenden lernen wesentliche Phänomene, Konzepte und Methoden der Theorie der weichen kondensierten Materie und ihre Bedeutung für die quantitative Beschreibung biologischer Materie kennen. Darüber hinaus soll generell die interdisziplinäre Anwendung von Methoden der theoretischen Physik geübt werden.

Inhalt

Wesentliche Inhalte sind:

- Begriffe aus der Statistischen Physik und Thermodynamik für Vielteilchensysteme, Fluktuationen und Response
- Dichtefunktionaltheorien, Feldtheorien, Funktionalintegrale
- Perturbative und nichtperturbative Methoden
- Modellsysteme (z.B. Kolloide, Polymere, Membranen, granulare Materie)
- Biologische Systeme (z.B. Zell-/Gewebestruktur und -mechanik)

Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache gehalten. Studien- und Prüfungsleistungen sind in englischer Sprache zu erbringen.

Teilnahmevoraussetzungen

Studierenden wird empfohlen über Grundkenntnisse aus der Thermodynamik und Statistische Mechanik zu verfügen.

Literaturangabe

P. M. Chaikin and T. C. Lubensky, Principles of Condensed Matter Physics, Cambridge 1995;
P.-G. de Gennes, Scaling Concepts in Polymer Physics, Cornell 1979;
M. E. Cates, M. R. Evans, Soft and Fragile Matter: Nonequilibrium Dynamics, Metastability and Flow, IOP 2000

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Klausur 120 Min., mit Wichtung: 1**

Prüfungsvorleistung: Regelmäßig ausgegebene Übungsaufgaben aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.

Vorlesung "Theory of Soft and Bio Matter" (4SWS)

Übung "Theory of Soft and Bio Matter" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPTKM4	Wahlpflicht

Modultitel	Practical Course: Condensed Matter Theory
Modultitel (englisch)	Practical Course: Condensed Matter Theory
Empfohlen für:	1. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Theorie der kondensierten Materie
Dauer	1 Semester
Modulturnus	jedes Semester
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Praktikum "Practical Course: Condensed Matter Theory" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h
Arbeitsaufwand	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. IPSP M.Sc. Mathematical Physics M.Sc. Physics M.Sc. Physik
Ziele	Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> - sich in konzeptionelle und methodische Techniken der Theorie kondensierter Materie einarbeiten, - Grundbegriffe der Literaturrecherche - einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen.
Inhalt	Die Inhalte des Moduls werden den Interessen und dem Wissenstand des/der Studierenden angepasst. Folgende Themenbereiche stehen zum Beispiel dem/der Studierenden zur Auswahl: Weiche Materie, biologische Physik, stochastische Dynamik, statistische Physik des Nichtgleichgewichtes, Netzwerke Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache gehalten. Studien- und Prüfungsleistungen sind in englischer Sprache zu erbringen.
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	Originalliteratur je nach Thema
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit (Bearbeitungszeit 4 Wo., Präsentation 45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Praktikum "Practical Course: Condensed Matter Theory" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPTKM5	Wahlpflicht

Modultitel **Practical Course: Quantum Statistical Physics**

Modultitel (englisch) Practical Course: Quantum Statistical Physics

Empfohlen für: 1./2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Quantenstatistische Physik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Semester

Lehrformen • Praktikum "Practical Course: Quantum Statistical Physics" (2 SWS) = 30 h
Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

- B.Sc. IPSP
- M.Sc. IPSP
- M.Sc. Mathematical Physics
- M.Sc. Physics
- M.Sc. Physik

Ziele Parallel zu einem der Module "Quantenphysik von Nanostrukturen" oder "Quantum Field Theory of Many-Particle Systems" soll an Teilproblemen aktueller Forschungsprojekte selbständiges theoretisches Arbeiten (Einübung analytischer und numerischer Techniken, Literaturrecherche, Modellbildung, Problemlösung etc.) unter Anleitung geübt werden. Die Ergebnisse sollen in der Arbeitsgruppe diskutiert und vorgetragen sowie in einer schriftlichen Ausarbeitung dargestellt werden.

Inhalt Die Inhalte des Moduls werden den Interessen und dem Wissenstand des/der Studierenden angepasst. Folgende Themenbereiche stehen zum Beispiel zur Auswahl: mesoskopische Physik, Quantenfeldtheorie der Vielteilchensysteme

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit (Bearbeitungszeit 4 Wo., Präsentation 45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Praktikum "Practical Course: Quantum Statistical Physics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPTKS1	Wahlpflicht

Modultitel	Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences
Modultitel (englisch)	Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences
Empfohlen für:	1. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Komplexe Systeme
Dauer	1 Semester
Modulturnus	alle 2 Jahre
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung "Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h • Übung "Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h
Arbeitsaufwand	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - B.Sc. IPSP - M.Sc. Physics - M.Sc. Physik - M.Sc. Mathematical Physics - M.Sc. IPSP
Ziele	Die Vorlesung soll eine Einführung in die Grundlagen der Theorie stochastischer Prozesse aus der Sicht der Physik geben und zum selbständigen Studium weiterführender Literatur und von Originalarbeiten befähigen. Damit soll das Verständnis von stochastischen Phänomenen aus der Physik und aus anderen Disziplinen befördert werden. Die Methoden werden eingeführt und motiviert in Hinblick auf konkrete Anwendungen.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Charakterisierung zufälliger Variabler und stochastischer Prozesse (Grenzwertsätze, große Abweichungen), Anwendungen in der Statistischen Physik - Markov-Prozesse (Chapman-Kolmogorov-Gleichung, Mastergleichung, Kramer-Moyal-Entwicklung, Fokker-Planck-Gleichung), Anwendung auf Diffusionsprozesse, granulare Gasen und ASEPs, Fluktuationsrelationen nach Lebowitz und Spohn - Kontinuierliche stochastische Prozesse (Gauß-Prozesse, Ornstein-Uhlenbeck-Prozess, weißes Rauschen, Wiener-Prozess), Diskussion von Brownscher Bewegung und normaler Diffusion - Lévy-Prozesse (stabile Wahrscheinlichkeitsverteilungen), Ursachen von anomaler Diffusion - Langevin- und Fokker-Planck-Gleichungen (stochastische Differentialgleichungen und stochastische Integrale, Ito vs. Stratonovich), Anwendungen in der Transporttheorie und der Stochastischen Thermodynamik: Fluktuationstheoreme, Jarzynski Gleichung, Crooks Fluktuationstheorem. <p>Hinweis zur Prüfung: Die mündliche Prüfung besteht aus einer Präsentation (30 Min.) mit Diskussion (15 Min.).</p>
Teilnahmevoraussetzungen	keine

Literaturangabe

- H. Haken: Synergetics. An Introduction (Springer, 1983)
- C.W. Gardiner; Handbook of Stochastic Methods (Springer, 1985)
- aktuelle Beiträge aus Sommerschulen und Fachzeitschriften

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 45 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences" (4SWS)
	Übung "Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPTKS2	Wahlpflicht

Modultitel	Non-linear Dynamics and Pattern Formation
Modultitel (englisch)	Non-linear Dynamics and Pattern Formation
Empfohlen für:	1. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Komplexe Systeme
Dauer	1 Semester
Modulturnus	alle 2 Jahre
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung "Non-linear Dynamics and Pattern Formation" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h • Übung "Non-linear Dynamics and Pattern Formation" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h
Arbeitsaufwand	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - B.Sc. IPSP - M.Sc. Physics - M.Sc. Physik - M.Sc. IPSP
Ziele	<p>Die Vorlesung soll eine Einführung in die grundlegenden Konzepte aus der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme und der Strukturbildung geben und zum selbständigen Studium weiterführender Literatur und von Originalarbeiten befähigen. Damit soll ein wenigstens qualitatives Verständnis einer Vielzahl von nichtlinearen Phänomenen in der Physik und anderen Disziplinen befördert werden. Zunächst werden Systeme mit wenigen Freiheitsgraden diskutiert. Danach werden Methoden zur Beschreibung von Systemen mit (unendlich) vielen Freiheitsgraden, insbesondere von räumlich ausgedehnten Systemen und von Systemen mit zeitlicher Verzögerung vorgestellt.</p> <p>Zu allen vorgestellten Konzepten werden experimentelle Anwendungen diskutiert und - so weit wie möglich - auch in der Vorlesung vorgeführt. Die Studierenden erwerben dabei die Kenntnisse, um Messdaten an eigenen Experimenten zu erfassen, zum Experiment korrespondierende numerische Untersuchungen durchzuführen und ihre Daten auszuwerten.</p>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Dynamische Systeme mit wenigen Freiheitsgraden (Charakterisierung von Flüssen, Klassifikation singulärer Punkte, periodische Lösungen, Bifurkationen, Normalformen, zentrale Mannigfaltigkeiten, strukturelle Stabilität, Katastrophen, Chaos in Hamiltonschen und dissipativen Systemen) - Strukturbildung in angetriebenen Systemen (Multiskalenanalyse, Amplitudengleichung für die Rayleigh-Benard-Instabilität, phänomenologische Amplitudengleichungen, Eckhaus- und Benjamin-Feir-Instabilitäten, Reaktions-Diffusions-Systeme, Turing-Instabilitäten) - Weiterführende Themen werden in Absprache mit den Studierenden diskutiert.
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	<p>G. Nicolis: Introduction to Nonlinear Science (Cambridge UP, 1995) E. Ott: Chaos in Dynamical Systems (Cambridge UP, 2002)</p>

M. Cross, H. Greenside: Pattern Formation and Dynamics (Cambridge UP, 2009)

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 45 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Non-linear Dynamics and Pattern Formation" (4SWS)
	Übung "Non-linear Dynamics and Pattern Formation" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPTKS3	Wahlpflicht

Modultitel **Practical Course: Complex Systems**

Modultitel (englisch) Practical Course: Complex Systems

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Theorie der kondensierten Materie

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Semester

Lehrformen • Praktikum "Practical Course: Complex Systems" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

- B.Sc. IPSP
- M.Sc. Physics
- M.Sc. Physik
- M.Sc. IPSP

Ziele Parallel zu einem der Module "Stochastische Prozesse" oder "Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung" soll an Teilproblemen aktueller Forschungsprojekte selbständiges theoretisches Arbeiten (Einübung analytischer und numerischer Techniken, Literaturrecherche, Modellbildung, Problemlösung etc.) unter Anleitung geübt werden. Die Ergebnisse sollen in der Arbeitsgruppe diskutiert und vorgetragen sowie in einer schriftlichen Ausarbeitung dargestellt werden.

Inhalt Die Inhalte des Moduls werden den Interessen und dem Wissenstand des/der Studierenden angepasst. Folgende Themenbereiche stehen zum Beispiel zur Auswahl: Phasenübergänge fern vom Gleichgewicht, anomaler Transport, Kippunkte und Instabilitäten in biologischen Systemen oder in Klimamodellen.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Projektarbeit (Bearbeitungszeit 4 Wo., Präsentation 45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Praktikum "Practical Course: Complex Systems" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPXT1	Wahlpflicht

Modultitel **Group Theory and Its Applications in Physics**

Modultitel (englisch) Group Theory and Its Applications in Physics

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Quantenfeldtheorie und Gravitation

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens einmal alle 2 Jahre

Lehrformen

- Vorlesung "Group Theory and Its Applications in Physics" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h
- Übung "Group Theory and Its Applications in Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. IPSP
M.Sc. Mathematical Physics
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik

Ziele

Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden:

- die grundlegenden Begriffe, Konzepte, Methoden der Gruppentheorie mündlich und schriftlich darstellen und erläutern
- diese anwenden bei der Beschreibung und Ausnutzung von Symmetrien in verschiedenen Bereichen der Physik;
- einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen.

Inhalt

- Grundbegriffe der Gruppentheorie: Gruppen, Homomorphismen, Wirkungen
- Endliche Gruppen, Molekülsymmetrien, Punktgruppen und Kristallgitter
- Darstellungstheorie von endlichen und kompakten Gruppen (bis zum Satz von Peter-Weyl)
- Lie-Gruppen und Lie-Algebren (nur Matrix-Gruppen)
- Drehgruppe und ihre Darstellungen (einschließlich Spinordarstellungen)
- Darstellungen der Permutationsgruppe
- Anwendungen in der Quantentheorie: Erster Wignerscher Satz, Drehimpuls und Spin, Clebsch-Gordan, Auswahlregeln, identische Teilchen, NMR-Spektren, Kernmodelle, Multipletts von Elementarteilchen
- Einiges zur Darstellungstheorie nichtkompakter Gruppen: Lorentzgruppe und Poincaregruppe (optional: Induzierte Darstellungen, semidirekte Produkte, Wignersche Klassifikation der Elementarteilchen)

Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache gehalten. Studien- und Prüfungsleistungen sind in englischer Sprache zu erbringen.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

A. O. Barut, R. Raczka: Theory of group representations and applications, PWN Warsaw, 1977
M. Hamermesh: Group theory and its application to physical problems, Addison-Wesley Reading-London, 1962
S. Sternberg: Group theory and physics, Cambridge University Press, 1994

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Group Theory and Its Applications in Physics" (4SWS)
	Übung "Group Theory and Its Applications in Physics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPXT2	Wahlpflicht

Modultitel Particle Physics

Modultitel (englisch) Particle Physics

Empfohlen für: 1. Semester

Verantwortlich Direktor:in Felix-Bloch-Institut für Festkörperphysik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Particle Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Übung "Particle Physics" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden

- lernen die Konzepte und das Standardmodell der modernen Teilchenphysik kennen und werden eingeführt in
- vereinheitlichende Theorien und den Ursprung des Universums.

Inhalt

- Das Quark-Modell und die Bausteine der Welt
- Symmetrien und Erhaltungssätze
- Phänomenologie der schwachen Wechselwirkung: Neutrino-Physik, Paritätsverletzung, CP-Verletzung
- Eichtheorien und das Standardmodell der Teilchenphysik: die elektroschwache Theorie
- Quantenchromodynamik und die starke Wechselwirkung
- Großvereinheitlichte Theorien: Protonzerfall, Neutrino-Oszillationen
- Messmethoden und Detektoren der Teilchenphysik

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

Ch. Berger, Elementarteilchenphysik, Springer, 2006.
M. Thomson, Modern Particle Physics, Cambridge University Press, 2018.
D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley-VCH, 2008.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Klausur 120 Min., mit Wichtung: 1**

Prüfungsvorleistung: Lösung von wöchentlich ausgegebenen Übungsaufgaben zum Modulinhalt, für die Punkte vergeben werden. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des Semesters.

	Vorlesung "Particle Physics" (2SWS)
	Übung "Particle Physics" (1SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPAMR1	Wahlpflicht

Modultitel **Magnetic Resonance and Imaging in Soft Matter**

Modultitel (englisch) Magnetic Resonance and Imaging in Soft Matter

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Angewandte Magnetische Resonanz

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Sommersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Magnetic Resonance and Imaging in Soft Matter" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Übung "Magnetic Resonance and Imaging in Soft Matter" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

M Sc. Physics
M Sc. International Physics Studies Program
B.Sc. International Physics Studies Program (Honours)

Ziele

Die Studierenden

- erschließen sich ein aktuelles interdisziplinäres Forschungsgebiet der Magnetresonanz
- eignen sich vertiefende Kenntnisse über kernmagnetische Relaxation Prozessen an
- eignen sich vertiefende Kenntnisse über Diffusionsmessungen in Weiche-Materie-Systemen mit Hilfe von MR an
- lernen Grundlagen von MR-Bildgebung
- vertiefen ihre Kenntnisse durch das Anwenden ausgewählter Methoden in Übungen

Inhalt

- Grundlagen: Eigendrehimpuls in Magnetfeld
- Relaxation in zufällig fluktuierenden Magnetfeldern
- Bloch Gleichungen, BPP Theorie
- Relaxationsmechanismen in Weicher Materie
- Magnetfeldgradienten
- Diffusion als Relaxations-Mechanismus
- Bloch-Torrey-Gleichungen, q-Raum
- Grundlagen der Transportmessungen, Pulssequenzen
- Transport-Struktur-Korrelationen
- Selektive Pulse
- Bilderzeugung (MRT), k-Raum
- MRT-Pulssequenzen
- MR-Kontraste
- Bilderzeugung in q-Raum

Hinweise zur Modulprüfung - das Portfolio besteht aus:

- drei schriftlichen Tests (jeweils 15 Min.) mit Schwerpunkt auf den Themen Relaxation, Diffusion und MRT
- zwei Übungen die mit einem Experiment verbunden sind, einschließlich einer kurzen mündlichen Darstellung der Übungsergebnisse (bis zu 10 Min.)

Teilnahmevoraussetzungen	Teilnahme im Modul "Spinresonanz I" (12-PHY-BW3MQ1) ist empfohlen
Literaturangabe	Callaghan, P. T., Translational Dynamics & Magnetic Resonance Haacke, M. E. et al., Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design Kimmich, R., NMR: Tomography, Diffusometry, Relaxometry
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Portfolio, mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Magnetic Resonance and Imaging in Soft Matter" (2SWS)
	Übung "Magnetic Resonance and Imaging in Soft Matter" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPGFP	Wahlpflicht

Modultitel **Physics of Nanoporous Materials**

Modultitel (englisch) Physics of Nanoporous Materials

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Angewandte Magnetische Resonanz

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens einmal alle 2 Jahre

Lehrformen

- Vorlesung "Physics of Nanoporous Materials" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Physics of Nanoporous Materials" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 25 h Selbststudium = 40 h
- Praktikum "Physics of Nanoporous Materials" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 20 h Selbststudium = 35 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden

- erschließen sich die Grundlagen eines aktuellen interdisziplinären Forschungsgebietes der Nanotechnologie
- eignen sich umfassende Kenntnisse über die Charakterisierung nanoporöser Materialien an
- erlernen experimentelle und theoretische Methoden zur Beschreibung und Untersuchung von Phasengleichgewichten und Phasenübergängen und zu Transportprozesse von Porenhaltstoffen in einschränkenden Geometrien
- vertiefen ihre Kenntnisse durch das Anwenden ausgewählter Methoden im Praktikum.

Inhalt

Das Modul baut auf Kenntnissen der allgemeinen Molekül- und Festkörperphysik auf. Es werden phänomenologische Beschreibungen und Anwendungen natürlicher und synthetischer poröser Festkörper mittels makroskopischer und mikroskopischer Strukturparameter behandelt.

Der geometrische Aufbau und die innere Struktur nanoporöser Materialien, Prinzipien zur Synthese von dispersen und porösen Festkörpern sowie moderne experimentelle Methoden und Theorien zur Untersuchung von Struktur, Adsorption und Diffusion in porösen Materialien werden erörtert und an Beispielen aus der aktuellen Forschung veranschaulicht. Diffusionsuntersuchungen beispielsweise mittels Interferenz und IR-Mikroskopie, PFG NMR sowie die energetische und die strukturelle Charakterisierung poröser Festkörper mittels Adsorptionstexturanalyse, Kalorimetrie und MAS NMR werden erläutert.

In Seminar und Praktikum vertiefen die Studierenden ihre in den Vorlesungen erworbenen Kenntnisse.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 25 Min., mit Wichtung: 1	
<i>Prüfungsvorleistung: Praktikumsleistung (1 Protokoll, Bearbeitungsdauer 3 Wochen)</i>	
	Vorlesung "Physics of Nanoporous Materials" (2SWS)
	Seminar "Physics of Nanoporous Materials" (1SWS)
	Praktikum "Physics of Nanoporous Materials" (1SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHLP3	Wahlpflicht

Modultitel	Semiconductor Physics II: Semiconductor Devices II
Modultitel (englisch)	Semiconductor Physics II: Semiconductor Devices II
Empfohlen für:	2. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Halbleiterphysik
Dauer	1 Semester
Modulturnus	jedes Sommersemester
Lehrformen	• Vorlesung "Semiconductor Physics II: Semiconductor Devices II" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 90 h Selbststudium = 150 h
Arbeitsaufwand	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. Physics M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
Ziele	Die Studierenden: - erschließen sich, aufbauend auf einer soliden physikalischen Grundbildung, ein Forschungsgebiet der physikalischen Institute; - eignen sich die Funktionsweise, Eigenschaften, und Herstellung wichtiger Halbleiterbauelemente an, um auf diesem Wissen basierend selbst entsprechende Bauelemente weiterzuentwickeln oder neu konzipieren zu können.
Inhalt	Es werden die physikalischen Grundlagen, Eigenschaften, Funktionalität und Herstellung der wichtigsten modernen Halbleiterbauelemente behandelt, u.a. Dioden, Transistoren, CMOS, Mikroelektronik, Photodetektoren, CCD's, Laserdioden, optische Kommunikationssysteme, Solarzellen.
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	M. Grundmann, The Physics of Semiconductors, Springer S. Sze, Physics of Semiconductor Devices, Wiley
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 45 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Semiconductor Physics II: Semiconductor Devices II" (4SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHLP5	Wahlpflicht

Modultitel Laboratory Work in Semiconductors II

Modultitel (englisch) Laboratory Work in Semiconductors II

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Halbleiterphysik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Sommersemester

Lehrformen • Praktikum "Laboratory Work in Semiconductors II" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele Das Modul begleitet das Modul Halbleiterphysik II. Es werden Experimente zu Bauelementen in der Regel an modernen Apparaturen der Arbeitsgruppe Halbleiterphysik durchgeführt, die auch im täglichen Einsatz in aktuellen Forschungsprojekten verwendet werden.

Die Studierenden

- erwerben Kenntnisse über grundlegende Herstellungs-, Prozessierungs- und Charakterisierungsmethoden für moderne Halbleiterbauelemente;
- können elektronische und optische Bauelementeigenschaften selbständig bewerten;
- lernen, sich in Halbleiter-technologische Aufgabenstellungen einzuarbeiten, diese kreativ umzusetzen und die gewonnenen Resultate zu präsentieren und zu verteidigen.

Inhalt Die Studierenden führen pro Semester 8 vorgegebene Versuche nach vorgegebenem Zeitplan durch.
Das Praktikum HLP II umfasst die vollständige Herstellung eines oxidischen Feldeffekt-Transistors in mehreren Prozessierungs-Schritten sowie die Untersuchung von verschiedenen anderen Halbleiter-Bauelementen, wie Dioden, Leuchtdioden, Photodetektoren, Solarzellen und Laserdioden. Die Vorbereitung auf die Versuche erfolgt in Eigenarbeit an Hand der ausführlichen Skripte. Die Versuche werden unter Anleitung eines Betreuers durchgeführt. Die Versuchsauswertung erfolgt durch ein vorzulegendes Protokoll mit mündlichem Testat oder einem Kurzvortrag, die jeweils benotet werden.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe - M. Grundmann: The Physics of Semiconductors, An Introduction including Devices and Nanophysics Springer, Heidelberg, 2006; Revised and extended 2nd edition 2009.

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Praktikumsleistung (8 Versuche, 4 Protokolle (Bearbeitungsdauer 4 Wochen), 8 Abtestate), mit Wichtung: 1	
	Praktikum "Laboratory Work in Semiconductors II" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPM3	Wahlpflicht

Modultitel **Experimental Methods in Biophysics**

Modultitel (englisch) Experimental Methods in Biophysics

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Biologische Physik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Sommersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Experimental Methods in Biophysics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Experimental Methods in Biophysics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden

- erschließen sich, aufbauend auf einer soliden physikalischen Grundausbildung, ein Forschungsgebiet der physikalischen Institute;
- gewinnen grundlegende Kenntnisse über Methoden zur Messung physikalischer Eigenschaften der Zellen, physikalische Messverfahren zur Charakterisierung biologischer Proben und physikalischer Eigenschaften wichtiger Molekülklassen,
- erschließen sich aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Biophysik und der physikalischen Krankheitserforschung.

Inhalt

Das Modul baut auf der Ausbildung in Experimenteller und Theoretischer Physik im Bachelorstudiengang Physik bzw. "International Physics Studies Program" auf.

1. Vorlesung:
Es werden die grundlegenden physikalischen Messverfahren zur Untersuchung biologischer Proben wie optische Mikroskopie, Spektroskopie und Streuverfahren erarbeitet.

2. Seminar: Aktuelle grundlegende Arbeiten aus dem Bereich der Biophysikalischen Methoden werden durch die Teilnehmer in Einzelreferaten und anhand von Aufgaben erarbeitet.

Hinweis zur Prüfung: Die Zusammensetzung des Portfolios wird von den Lehrenden zu Beginn des Moduls bekanntgegeben. Beispiele für Leistungen im Portfolio sind: Präsentationen, Referate, Diskussionsbeiträge und schriftliche Tests. Die Bearbeitungszeit für die Zusammenstellung des Portfolios nach Erbringung aller Leistungen beträgt vier Wochen.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe Patrick F. Dillon, Biophysics, A Physiological Approach, Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-17216-5

Erich Sackmann und Rudolf Merkel, Lehrbuch der Biophysik, Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-40535-0

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Portfolio, mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Experimental Methods in Biophysics" (2SWS)
	Seminar "Experimental Methods in Biophysics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPMON3	Wahlpflicht

Modultitel **Active Matter Physics**

Modultitel (englisch) Active Matter Physics

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Molekulare Nanophotonik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Sommersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Active Matter Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Active Matter Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden lernen die vielfältigen Phänomene aktiver Materie und die zugrundeliegenden Konzepte anhand von Beispielen aus biologischen und nichtbiologischen Systemen kennen. Sie erwerben theoretische Fertigkeiten zur Beschreibung aktiver Materie, als auch Verfahren zur Herstellung, Analyse und Kontrolle aktiver Materie im Experiment. Die Studierenden können aktuelle Forschungsergebnisse kritisch diskutieren und kleine Projekte selbständig bearbeiten.

Inhalt

Aktive Materie besteht aus Einheiten, die Energie in Bewegung umsetzen und dadurch zahlreiche fundamentale Symmetrien nichtbelebter Materie (z. B. Reziprozität von Wechselwirkungen, Energieerhaltung, usw.) verletzen. Inhalte des Moduls sind unter anderem:

- physikalische Beschreibung aktiver Materie, mikroskopisch und feldtheoretisch als Vielteilchensysteme und phänomenologisch, thermo- bzw. hydrodynamisch, über ihre Symmetrien und Symmetriebrechungen
- ein Überblick über aktive biologische Materialien, wie molekulare Motoren, Cilien, Flagellen, Bakterien, etc., und damit verbundene Phänomene und z.B. Möglichkeiten zur Kontrolle
- ein Überblick über synthetische aktive Materialien, Antriebsmechanismen (z. B. phoretische), ihre Herstellung, Analyse und Kontrolle
- aktive Materie in externen Feldern (z. B. Chemotaxis, Gravitaxis, ...)
- kollektives Verhalten aktiver Materie (z. B. Schwärme)

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

[1] M. C. Marchetti, J. F. Joanny, S. Ramaswamy, T. B. Liverpool, J. Prost, M. Rao, and R. A. Simha, "Hydrodynamics of soft active matter", *Reviews Modern Physics* 85, 1143 (2013).
[2] S. Ramaswamy, "The mechanics and statistics of active matter", *Annual*

Reviews Condensed Matter Physics 1, 323 (2010).

[3] C. Bechinger, R. Di Leonardo, H. Löwen, C. Reichhardt, G. Volpe, and G. Volpe, "Active particles in complex and crowded environments", Reviews Modern Physics 88, 045006 (2016).

[4] F. Cichos, K. Gustavsson, B. Mehlig, and G. Volpe, "Machine learning for active matter", Nature Machine Intelligence 2, 94 (2020).

[5] G. Baffou, F. Cichos, and R. Quidant, "Applications and challenges of thermoplasmonics", Nature Materials (2020).

[6] M. R. Shaebani, A. Wysocki, R. G. Winkler, G. Gompper, and H. Rieger, "Computational models for active matter", Nature Reviews Physics 2, 181 (2020).

[7] G. Volpe, F. Cichos, and C. Bechinger, "Taking control of active matter", (2020).
zzgl. Literatur aus dem Seminar

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 30 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Active Matter Physics" (2SWS)
	Seminar "Active Matter Physics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPPOC2	Wahlpflicht

Modultitel **Physics of Cancer II**

Modultitel (englisch) Physics of Cancer II

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Biologische Physik

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Sommersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Physics of Cancer II" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "Physics of Cancer II" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden

- erhalten eine weiterführende Ausbildung in einem interdisziplinären Gebiet der Physik, Biochemie und Medizin,
- gewinnen grundlegende Kenntnisse über mechanische Eigenschaften von Krebszellen und interagierenden Zellen, sowie physikalische Prozesse bei fundamentalen biologischen Vorgängen im Tumor
- erschließen sich aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Physik des Tumors.

Inhalt

1.) Vorlesung Physics of Cancer II
Es werden grundlegende physikalische Eigenschaften von Tumorzellen behandelt, die für den Fortschritt der Krankheit von großer Bedeutung sind:

- Einführung in die physikalische Tumorforschung
- Erläuterung verschiedener physikalischer Herangehensweisen an die Entstehung von Tumoren
- Modellsysteme zur Untersuchung der physikalischen Eigenschaften von Tumorzellen
- Interaktion von Tumorzellen und Endothelzellen und ihr wechselseitiger Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften
- Entstehung von Tumorendothelzellen und ihre Charakterisierung
- Kombination von zellbiologischen Techniken mit physikalischen Techniken
- Selektion von malignen und hochinvasiven Tumorzellen
- Einfluss der Genexpression auf die Zellmechanik
- Struktur, Architektur und Mechanik von Tumorzellnuclei
- Theoretische Modelle der Tumorentstehung

2.) Seminar Physics of Cancer II
Im Seminar werden aktuelle grundlegende Arbeiten aus dem Bereich der Physik des Tumors behandelt. Die Teilnehmenden stellen dazu Themen in Einzel- oder Gruppenreferaten vor und beantworten Fragen in der Diskussion zum Vortrag.

Hinweis zur Prüfung: Die Zusammensetzung des Portfolios wird von den Lehrenden zu Beginn des Moduls bekanntgegeben. Beispiele für Leistungen im Portfolio sind: Präsentationen, Referate, Diskussionsbeiträge und schriftliche Tests. Die Bearbeitungszeit für die Zusammenstellung des Portfolios nach Erbringung aller Leistungen beträgt vier Wochen.

Teilnahmevoraussetzungen

Teilnahme am Modul Physics of Cancer I empfohlen

Literaturangabe

Claudia Tanja Mierke, Physics of Cancer Volume 1, IOP Publishing, Online ISBN: 978-0-7503-1753-5 and Print ISBN: 978-0-7503-1751-1
 Claudia Tanja Mierke, Physics of Cancer Volume 2, IOP Publishing, Online ISBN: 978-0-7503-2117-4 and Print ISBN: 978-0-7503-2114-3

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Portfolio, mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Physics of Cancer II" (2SWS)
	Seminar "Physics of Cancer II" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPQFG2	Wahlpflicht

Modultitel **Cosmology**

Modultitel (englisch) Cosmology

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Quantenfeldtheorie und Gravitation

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens einmal alle 2 Jahre

Lehrformen

- Vorlesung "Cosmology" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h
- Übung "Cosmology" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h

Arbeitsaufwand 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. IPSP
M.Sc. Mathematical Physics
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik

Ziele

Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden:

- die grundlegenden Begriffe, Konzepte, Methoden und Ergebnisse der modernen Kosmologie mündlich und schriftlich darstellen und erläutern;
- diese Methoden selbständig anwenden, um das Verhalten einfacher kosmologischer Modelle zu untersuchen, und ihr Vorgehen begründen.

Inhalt

- Historischer Überblick: Entwicklung der Kosmologie
- Beobachtungsmöglichkeiten und -ergebnisse, Entfernungsskalen, Materiezählung, Bewegung von Galaxien und Galaxienansammlungen
- Abriss Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, kosmologische Raumzeitmodelle, kosmische Expansion in der Theorie und Vergleich mit Beobachtungsergebnissen
- Thermisches Verhalten von Strahlung und Materie im frühen Universum, Baryogenese, Nukleosynthese, Rekombination; Helium-Überschuss, Hintergrundstrahlungstemperatur
- Horizont-Problem, inflationäre Szenarien
- Dunkle Materie
- Fluktuationen der Geometrie im frühen Universum als Keime der Strukturbildung, Quantisierung

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

H. Goenner: Kosmologie, Spektrum, 1998
S. Weinberg: Cosmology, Oxford University Press, 2008
S. Dodelson: Modern Cosmology, Academic Press, 2003

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 45 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Cosmology" (4SWS)
	Übung "Cosmology" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPQFG3	Wahlpflicht

Modultitel	Quantum Field Theory on Curved Space Times
Modultitel (englisch)	Quantum Field Theory on Curved Space Times
Empfohlen für:	2. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Quantenfeldtheorie und Gravitation
Dauer	1 Semester
Modulturnus	mindestens einmal alle 2 Jahre
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung "Quantum Field Theory on Curved Space Times" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h • Übung "Quantum Field Theory on Curved Space Times" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h
Arbeitsaufwand	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. IPSP M.Sc. Mathematical Physics M.Sc. Physics M.Sc. Physik
Ziele	Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> - die grundlegenden Begriffe, Konzepte und Methoden der Quantenfeldtheorie auf gekrümmten Raumzeiten mündlich und schriftlich darstellen und erläutern; - diese anwenden, um das Verhalten einfacher feldtheoretischer Systeme zu untersuchen und vorherzusagen; - einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Quantisierung von linearen Feldtheorien im Minkowskiraum - Global hyperbolische Raumzeiten, Quantisierung linearer Felder auf global hyperbolischen Raumzeiten, Hadamard-Zustände - Allgemein kovariante Quantenfeldtheorie: Grundlagen, Strukturaussagen - Teilchenerzeugung in externen Gravitationsfeldern für lineare Quantenfelder - Hawking-Effekt - Teilchenerzeugung im frühen Universum - Der renormierte Energie-Impuls-Tensor - Ausblick: Perturbatives Quantisierungs/Renormierungsprogramm für wechselwirkende Quantenfelder
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	R.M. Wald: General Relativity, University of Chicago Press, 1984; R.M. Wald: Quantum Field Theory in Curved Spacetime and Black Hole Thermodynamics, University of Chicago Press, 1996 R. Haag: Local Quantum Physics, Springer, 2nd ed., 1996 S. Fulling: Aspects of Quantum Field Theory in Curved Spacetime, CUP, 1990 N.D. Birrell, P.C.W. Davies: Quantum fields in curved space, CUP 1984

Vergabe von Leistungspunkten

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben.
Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 45 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Quantum Field Theory on Curved Space Times" (4SWS)
	Übung "Quantum Field Theory on Curved Space Times" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPQT2	Wahlpflicht

Modultitel	Quantum Technology 2
Modultitel (englisch)	Quantum Technology 2
Empfohlen für:	2. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Angewandte Quantensysteme
Dauer	1 Semester
Modulturnus	jedes Sommersemester
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung "Quantum Technology 2" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h • Seminar "Quantum Technology 2" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 75 h
Arbeitsaufwand	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. Physics M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
Ziele	Die Studierenden sind nach der erfolgreichen Teilnahme am Kurs in der Lage <ul style="list-style-type: none"> - sich, aufbauend auf einer soliden physikalischen Grundausbildung, eine aktuelle Anwendung der Quantenoptik in Wissenschaft und Technik selbstständig zu erschließen und in Form einer Präsentation darzustellen - Methoden und Herausforderungen der Quantenoptik zu erklären und zu bewerten - das erlernte Wissen auf hypothetische Einsatzszenarien anzuwenden.
Inhalt	Die Vorlesung gibt eine Einführung in Quantenoptik. Themenkomplexe: Atom-Licht WW, Laser, Photostatistik, Antibunching, Fockstate, Coherentstate, squeezed light, Atom in cavities, Entangled states, Quantum cryptography.
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	Introduction to Quantum optics: G. Grynberg, A. Aspect and C Fabre, ISBN978-0-521-55112-0; Quantum Optics: M.O. Scully and M.S.Zubairy 2008, ISBN978-0-521-43595-6
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Klausur 120 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Quantum Technology 2" (2SWS)
	Seminar "Quantum Technology 2" (1SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSEF1	Wahlpflicht

Modultitel X-Ray Techniques

Modultitel (englisch) X-Ray Techniques

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Struktur und Eigenschaften komplexer Festkörper

Dauer 1 Semester

Modulturnus mindestens einmal alle 2 Jahre

Lehrformen

- Vorlesung "X-Ray Techniques" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Seminar "X-Ray Techniques" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse über verschiedene röntgenbasierte Untersuchungsmethoden, die zur Analyse der Struktur und Zusammensetzung von Festkörpern genutzt werden. Anhand konkreter Anwendungsbeispiele werden sie befähigt, die Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Methoden zu analysieren und zu evaluieren. Sie können sich ausgewählte, vertiefende Aspekte selbständig erarbeiten, in den Kontext der Vorlesung einordnen und in einem Vortrag präsentieren.

Inhalt

- Röntgenquellen: Röntgenröhren, Synchrotrons, andere Quellen
- Röntgenbeugungs- und -streuungstechniken
- Röntgenabsorptions-, Emissions- und Fluoreszenztechniken
- Röntgenbildgebung für die Materialanalyse

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

Als-Nielsen, Elements of Modern X-ray Physics, Wiley
Zolotoyabko, Basic concepts of X-ray diffraction, Wiley
Bokhoven/Lamberti, X-Ray Absorption and X-Ray Emission Spectroscopy, Wiley

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Mündliche Prüfung 30 Min., mit Wichtung: 1***Prüfungsvorleistung: Referat (20 min) mit schriftlicher Ausarbeitung (3 Wochen)*

	Vorlesung "X-Ray Techniques" (2SWS)
	Seminar "X-Ray Techniques" (1SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSTP1	Wahlpflicht

Modultitel	Quantum Field Theory of Many-Particle Systems
Modultitel (englisch)	Quantum Field Theory of Many-Particle Systems
Empfohlen für:	2. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Statistische Physik
Dauer	1 Semester
Modulturnus	mindestens einmal alle 2 Jahre
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung "Quantum Field Theory of Many-Particle Systems" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 140 h Selbststudium = 200 h • Übung "Quantum Field Theory of Many-Particle Systems" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 70 h Selbststudium = 100 h
Arbeitsaufwand	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. IPSP M.Sc. Mathematical Physics M.Sc. Physics M.Sc. Physik
Ziele	Die Studierenden lernen sowohl wesentliche Konzepte und Methoden der Quantenfeldtheorie kennen als auch wichtige Anwendungsbeispiele. Ausgehend von Funktionalintegralen werden durch die Behandlung von Anwendungen aus den Bereichen Nanophysik, ungeordnete Systeme und stark korrelierte Systeme Kenntnisse vermittelt, die die Bearbeitung aktueller Probleme auf dem Gebiet der Vielteilchenphysik mit Methoden der Quantenfeldtheorie erlauben.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Funktionalintegrale für Vielteilchensysteme - Greensche Funktionen, Antwortfunktionen und Observable - Störungstheorie und mittlere Feldnäherung - Kollektive Quantenfelder und Fluktuationen - Renormierungsgruppe - dissipatives Quantentunneln - topologische Feldtheorie
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	A. Altland and B.D. Simons, Condensed Matter Field Theory (Cambridge University Press); X.-G. Wen, Quantum Field Theory of Many-Body Systems: From the Origin of Sound to an Origin of Light and Electrons (Oxford Graduate Texts); H. Orland and J.W. Negele Quantum Many Particle Systems, Addison-Wesley;
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

Prüfungsvorleistung: Regelmäßig ausgegebene Übungsaufgaben aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.

	Vorlesung "Quantum Field Theory of Many-Particle Systems" (4SWS)
	Übung "Quantum Field Theory of Many-Particle Systems" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPSUM2	Wahlpflicht

Modultitel **Superconductivity II**

Modultitel (englisch) Superconductivity II

Empfohlen für: 2. Semester

Verantwortlich Leiter:in der Abteilung Supraleitung und Magnetismus

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Sommersemester

Lehrformen

- Vorlesung "Superconductivity II" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Praktikum "Superconductivity II" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

Arbeitsaufwand 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit

B.Sc. IPSP
M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. IPSP

Ziele

Die Studierenden

- erschließen sich, aufbauend auf einer soliden physikalischen Grundbildung, ein Forschungsgebiet der physikalischen Institute;
- sind mit den Phänomenen, den theoretischen Konzepten und den mikroskopischen Theorien der Supraleitung vertraut;
- lernen typische Anwendungen der Supraleitung kennen
- wenden grundlegende Messmethoden fachgerecht an
- üben wissenschaftliches Präsentieren durch Vorstellung der Ergebnisse eines Praktikumsversuches

Inhalt

Students get to know special subjects related to the dissipative processes in superconductors (Vortices and their movement), including the discussion of experimental results and recently published papers. Main concepts of the microscopic theory are also presented and discussed. The students have to do laboratory work using usual research equipments like SQUID and AC magnetometry, Resistance and micro-Hall measurements, torque magnetometry, etc.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe

- D. R. Tilley and J. Tilley: Superfluidity and Superconductivity
- M. Tinkham: Introduction to Superconductivity
- R. P. Huebener: Magnetic Flux Structures in Superconductors
- P. G. de Gennes: Superconductivity of Metals and Alloys
- W. Buckel und R. Kleiner, Supraleitung

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Mündliche Prüfung 45 Min., mit Wichtung: 1**

Prüfungsvorleistung: Bearbeiten von vier Praktikumsversuchen und erstellen von Praktikumsprotokollen (Bearbeitungsdauer: 3 Wochen).

Für die bewerteten Praktikumsprotokolle werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 75% der möglichen Punkte.

	Vorlesung "Superconductivity II" (2SWS)
	Praktikum "Superconductivity II" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPT2	Wahlpflicht

Modultitel	Advanced Statistical Physics
Modultitel (englisch)	Advanced Statistical Physics
Empfohlen für:	2. Semester
Verantwortlich	Leiter:in der Abteilung Theorie der kondensierten Materie, Leiter:in der Abteilung Theorie der Elementarteilchen
Dauer	1 Semester
Modulturnus	jedes Sommersemester
Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung "Advanced Statistical Physics" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h • Übung "Advanced Statistical Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h
Arbeitsaufwand	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
Verwendbarkeit	B.Sc. IPSP M.Sc. IPSP M.Sc. Mathematical Physics M.Sc. Physics M.Sc. Physik
Ziele	Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> - die grundlegenden Begriffe, Konzepte, Methoden und Ergebnisse der fortgeschrittenen statistischen Physik mündlich und schriftlich darstellen und erläutern; - diese anwenden, um das Verhalten von Systemen mit vielen Freiheitsgraden zu untersuchen und vorherzusagen; - einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen - die erworbenen Kenntnisse auf neue Problemstellungen übertragen; - ihr Fachwissen anhand von Originalliteratur selbstständig erweitern
Inhalt	Begriffliche Vertiefung und relevante Beispiele der Gleichgewichts-Statistischen Mechanik, kritische Phänomene und Renormierungsgruppe, Thermodynamik und Statistische Mechanik des Nichtgleichgewichts, Einführung in stochastische Prozesse und Algorithmen
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Literaturangabe	Mehran Kardar: Statistical Physics of Particles; Statistical Physics of Fields, (Cambridge)
Vergabe von Leistungspunkten	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen**Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

Prüfungsvorleistung: Regelmäßig ausgegebene Übungsaufgaben aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.

Vorlesung "Advanced Statistical Physics" (4SWS)

Übung "Advanced Statistical Physics" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MFS1	Pflicht

Modultitel **Research Project 1**

Modultitel (englisch) Research Project 1

Empfohlen für: 3. Semester

Verantwortlich Direktoren/innen der Physikalischen Institute

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen • Seminar "Departmental Seminar" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 420 h Selbststudium = 450 h

Arbeitsaufwand 15 LP = 450 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. International Physics Studies Program

Ziele

Fachliche Kompetenzen:

- Die Studierenden erlernen die effektive und umfassende Literaturrecherche zu einem speziellen Gebiet der Physik und wenden so gewonnene Ergebnisse in der Praxis an. Der so erlernte Umgang mit wissenschaftlichen Quellen und ihrer Auswertung, befähigt den/die Student/in einen Überblick zu einem Spezialgebietes seiner/ihrer Wahl zu erhalten.
- Ausarbeitung eines wissenschaftlichen Arbeitsplans mit Arbeitszielen
- Die Studierenden können eine entsprechende Präsentation erstellen.

Soziale Kompetenzen:

- die Studierenden können einen Vortrag über ein aktuelles Forschungsgebiet so strukturieren und halten, dass ein physikalisch gebildetes Publikum dem Vortrag gut folgen kann,
- die Studierenden beweisen sich erfolgreich in einer wissenschaftlichen Diskussion,
- die Studierenden beherrschen die deutsche und englische Fachsprache in freier Rede und werden befähigt, auf internationalen Fachtagungen ihre Ergebnisse präsentieren zu können.

Inhalt

Dieses Modul ist Teil der Forschungsphase des Masterstudiums. Es dient der Einarbeitung in ein Spezialgebiet, das aus allen Teilgebieten der Physik an der Fakultät für Physik und Geowissenschaften und ihrer Forschungspartner gewählt werden kann.

Präsentation und Diskussion aktueller wissenschaftlicher Fragestellungen zum Spezialgebiet.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe einschlägige Lehrbücher sowie relevante internationale Fachliteratur in englischer und deutscher Sprache

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Referat 45 Min., mit Wichtung: 1

Seminar "Departmental Seminar" (2SWS)

Master of Science Physics

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MFS2	Pflicht

Modultitel **Research Project 2**

Modultitel (englisch) Research Project 2

Empfohlen für: 3. Semester

Verantwortlich Direktoren/innen der Physikalischen Institute

Dauer 1 Semester

Modulturnus jedes Wintersemester

Lehrformen • Seminar "Group Seminar" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 420 h Selbststudium = 450 h

Arbeitsaufwand 15 LP = 450 Arbeitsstunden (Workload)

Verwendbarkeit M.Sc. Physics
M.Sc. Physik
M.Sc. International Physics Studies Program

Ziele Fachliche Kompetenzen:
Die Studierenden
- erweitern ihre Spezialkenntnisse auf einem Forschungsgebiet, die dem internationalen Forschungsstand entsprechen.
- sind in der Lage an spezifischen Diskussionen ihres Spezialgebietes teilzunehmen.
- sind kompetent in der selbständigen Bearbeitung abgegrenzter Themen aus der Physik unter Anwendung der im Studium erworbenen Fertigkeiten.

Inhalt Dieses Modul ist Teil der Forschungsphase des Masterstudiums.

- Erarbeitung der wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für die Masterarbeit
- Einarbeitung in ein Thema der theoretischen oder experimentellen Physik.
- Planung der Bearbeitung der Fragestellung.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Literaturangabe einschlägige Lehrbücher sowie relevante internationale Fachliteratur in englischer und deutscher Sprache

Vergabe von Leistungspunkten Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Referat 45 Min., mit Wichtung: 1	
	Seminar "Group Seminar" (2SWS)