

## Master of Science Physik

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. 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	
Prüfungsvorleistung: Seminarvortrag mit Diskussion (30 Min.)	
	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 Physik

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./3. 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. 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**

<b>Modulprüfung:</b>	
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 Physik

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. 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**

<b>Modulprüfung:</b>	
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 Physik

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. 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 makroskopischen 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**

*Prüfungsvorleistung: Praktikumsleistung (3 Protokolle, Bearbeitungszeit 4 Wochen)*

	Vorlesung "Single-Molecule Spectroscopy" (2SWS)
	Praktikum "Single-Molecule Spectroscopy" (2SWS)



## Master of Science Physik

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

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

**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 Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS1	Wahlpflicht

### Modultitel **Modern Developments in Solid State Physics**

**Modultitel (englisch)** Modern Developments in Solid State Physics

**Empfohlen für:** 1. Semester

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

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen** • Seminar "Modern Developments in Solid State Physics" (2 SWS) = 30 h  
Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** B.Sc. IPSP  
M.Sc. Physik  
M.Sc. IPSP

**Ziele**

- Studierende können die Phasen und die Wurzeln neuer Entwicklungen der Festkörperphysik historisch einordnen und Originalarbeiten auswerten,
- vervollkommen ihre Diskursfähigkeit und das Stellen von Fragen in Seminaren,
- lernen wie man eine schriftliche Ausarbeitung mit Hilfe von LaTeX erstellt

**Inhalt** Es werden aktuelle Themen aus dem Bereich der Festkörperphysik vorgestellt. Ein besonderer Fokus liegt auf neuen Entwicklungen in den Bereichen Supraleitung, Magnetismus und Quanteneffekten in Festkörpern und niedrigdimensionalen Systemen. Dabei werden sowohl theoretische als auch experimentelle Aspekte behandelt.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** - Kittel: Introduction to Solid State Physics (Wiley)

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

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Seminar "Modern Developments in Solid State Physics" (2SWS)

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS11	Wahlpflicht

### Modultitel Quantum Optics

**Modultitel (englisch)** Quantum Optics

**Empfohlen für:** 1. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in Arbeitsgruppe Quantenoptik

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen** • Seminar "Quantum Optics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** B.Sc. IPSP  
M.Sc. Physik  
M.Sc. IPSP

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

**Inhalt** Die Studierenden lernen in Seminarform fortgeschrittene Themen aus der Quantenoptik kennen. Die Quantenoptik beschreibt Eigenschaften und Wechselwirkungen quantisierter elektromagnetischer Strahlung ("Photonen"). Im Seminar lernen die Studierenden aktuelle Forschungsthemen aus dem Gebiet kennen, z.B. Quantenkryptografie, Quantenteleportation, Laserkühlung von Atomen und Molekülen, elektromagnetisch induzierte Transparenz (EIT), Resonator Quantenelektrodynamik (Circuit and Cavity QED), Quantenpunktkontakte, Exciton-Polariton Kondensate und Einzelphotonenquellen.

**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**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Quantum Optics" (2SWS)

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS12	Wahlpflicht

### Modultitel **Complex Systems**

**Modultitel (englisch)** Complex Systems

**Empfohlen für:** 1. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in der Abteilung Komplexe Systeme

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jährlich

**Lehrformen** • Seminar "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. Physik  
 - M.Sc. IPSP

**Ziele** Die Studierenden lernen in Seminarform fortgeschrittene Themen aus einem Anwendungsgebiet der Theorie komplexer Systeme kennen. Sie arbeiten sich in ein spezielles Thema ein und halten dazu einen Vortrag (Referat), dessen schriftliche Ausarbeitung sie einreichen. In diesem Zusammenhang vertiefen die Studierenden ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, dem Erstellen von schriftlichen Ausarbeitungen und der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge. Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Einüben von kritischem Urteilen über die wissenschaftliche Qualität von Fachpublikationen.

**Inhalt** Für das Seminar wird jeweils ein Themenschwerpunkt gesetzt. Mögliche Schwerpunkte liegen z.B. in der Klimaphysik, in geophysikalischer Strukturbildung, der Physik von Musikinstrumenten oder von Sportgeräten. Es wird angestrebt interdisziplinäre Themen mit einem externen Partner zu betreuen, z.B. Meteorologie bei der Klimaphysik, Musikwissenschaften für Musikinstrumente und Sportwissenschaften für die Sportgeräte. Vorschläge von Studierenden zu Themenschwerpunkten sind sehr willkommen.

**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**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Complex Systems" (2SWS)

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS13	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>Complex Quantum Systems</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Complex Quantum Systems
<b>Empfohlen für:</b>	1. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Professur für Komplexe Quantensysteme
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	mindestens einmal alle 2 Jahre
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminar "Quantum Many-Particle Systems" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- B.Sc. IPSP</li> <li>- M.Sc. Physik</li> <li>- M.Sc. IPSP</li> </ul>
<b>Ziele</b>	<p>In diesem Hauptseminar erarbeiten die Studierenden ein fortgeschrittenes Thema aus dem Bereich der Physik der Quanten-Vielteilchensysteme. Sie vertiefen ihre Kenntnisse in diesem Gebiet der Physik und erlernen Recherche- und Präsentationstechniken durch die Ausarbeitung des eigenen Vortrags, durch Anhören der weiteren Vorträge sowie in den sich an die Vorträge anschließenden Diskussionen.</p>
<b>Inhalt</b>	<p>Themen zu den Grundlagen der statistischen Physik, dynamischer Thermalisierung, sowie stark korrelierter Elektronensysteme. Mögliche konkrete Themen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaos in Vielteilchensystemen;</li> <li>- Dynamische Thermalisierung in Kernspinsystemen;</li> <li>- Supraleitung;</li> <li>- Ladungsdichtewellen in Festkörpern.</li> </ul> <p>Vorschläge von Studierenden zu Themenschwerpunkten sind sehr willkommen. Die Vorträge können sowohl die theoretischen Aspekte als auch die relevanten Experimente darstellen.</p>
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<p>R. Geroch: "Suggestions for giving talks".          Weitere Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.</p>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	<p>Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.</p>



**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Quantum Many-Particle Systems" (2SWS)

# Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS5	Wahlpflicht

## Modultitel Quantum Field Theory

**Modultitel (englisch)** 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** • Seminar "Quantum Field Theory and Particle 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. Physik

**Ziele** Die Studierenden erlernen fortgeschrittenen Stoff aus dem Bereich der Quantenfeldtheorie und angrenzender Gebiete, wie z.B. Elementarteilchentheorie, statische Physik, Vielteilchensysteme. Die Studierenden erlernen: Vorbereiten und Halten von wissenschaftlichen Vorträgen, Literaturrecherche, Erstellung wissenschaftlicher Ausarbeitungen, Darstellung und Verstehen von komplexen wissenschaftlichen Konzepten. Jeder Studierende erarbeitet ein enger umgrenztes Thema, über welches er vorträgt und eine schriftliche Ausarbeitung einreicht.

**Inhalt** Fortgeschrittene Themen, wie z.B.:  
1) Renormierungstheorie  
2) Zustandssummen/Pfadintegral in der Quantenfeldtheorie (z.B. Gitterformulierung) und statischen Physik  
3) Wichtige Konzepte in der QFT, wie z.B. Symmetrien und deren Brechung, Operator Produkt Entwicklungen, etc.  
4) Themen mit aktuellem Hintergrund, wie z.B. Holographie, AdS/CFT Korrespondenz

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** R. Geroch: "Suggestions for giving talks", arXiv:gr-qc/9703019  
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**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Quantum Field Theory and Particle Physics" (2SWS)

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS6	Wahlpflicht

### Modultitel **Cell Mechanics**

**Modultitel (englisch)** Cell Mechanics

**Empfohlen für:** 1. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in der Abteilung Biologische Physik

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** mindestens einmal alle 2 Jahre

**Lehrformen** • Seminar "Cell Mechanics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** B.Sc. IPSP  
M.Sc. Physik  
M.Sc. IPSP

**Ziele** Die Studierenden lernen in Seminarform fortgeschrittene Themen aus den Gebieten der Physik der Zellmechanik mit biologischem Schwerpunkt. Sie arbeiten sich in ein spezielles Thema ein und können die Inhalte mündlich in Form eines Referates und eines wissenschaftlichen Posters darstellen. In diesem Zusammenhang vertiefen die Studierenden ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, dem Erstellen von schriftlichen Ausarbeitungen und der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

**Inhalt** Themen aus dem Bereich der Physik der Zellmechanik und der biologischen Physik. Moderne Entwicklungen in der Biomaterialwissenschaft. Aktuelle und grundlegende Publikationen auf dem Gebiet der Zellmechanik. Beispielsweise:

- Untersuchungen an einzelnen Zellen
- Zellen im Verband und in ihrer natürlichen Umgebung
- Wechselwirkung der Zellen mit der Umgebung
- Untersuchungsmethoden der Zellmechanik
- Anwendung physikalischer Modelle

Präsentationstechniken: Erstellung eines Vortrages (Herausarbeitung Grundlagen, der wichtigsten Ergebnisse, Einordnung der Ergebnisse) Gestaltung der Präsentation, Redetechnik, Erstellung und Präsentation eines Posters für eine wissenschaftliche Tagung (Inhalte, formale Gestaltung)

Die Modulprüfung findet als 30 minütiges Einzelreferat inklusive der mündlichen Beantwortung von Fragen und der Diskussion zu einem vorgegebenem Thema statt. Als weitere Prüfungsleistung ist ein Poster aus dem Bereich der eigenen wissenschaftlichen Arbeit anzufertigen und zu erläutern.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in der Lehrveranstaltung.

**Vergabe von Leistungspunkten**

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

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

Modulprüfung:	
Referat 30 Min., mit Wichtung: 1	Seminar "Cell Mechanics" (2SWS)
Wissenschaftliches Poster (2 Wochen), mit Wichtung: 1	

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS9	Wahlpflicht

### Modultitel Quantum Statistical Physics

**Modultitel (englisch)** Quantum Statistical Physics

**Empfohlen für:** 1./2. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in der Abteilung Statistische Physik

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** mindestens einmal alle 2 Jahre

**Lehrformen** • Seminar "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. Physik

**Ziele** Die Studierenden lernen in Seminarform fortgeschrittene Themen aus der quantenstatistischen Physik kennen. Sie arbeiten sich in ein spezielles Thema ein und halten dazu einen Vortrag (Referat), dessen schriftliche Ausarbeitung sie einreichen. In diesem Zusammenhang vertiefen die Studierenden ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, dem Erstellen von Ausarbeitungen und der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

**Inhalt** Themen aus der Theorie niedrigdimensionaler Elektronensystemen mit starker Wechselwirkung sowie aus der Quantenphysik nanostrukturierter Systeme.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** R. Geroch: "Suggestions for giving talks", arXiv:gr-qc/9703019  
Weitere 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

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Quantum Statistical Physics" (2SWS)

## Master of Science Physik

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. 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 Physik

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. 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 Physik

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

### Modultitel Cellular Biophysics

**Modultitel (englisch)** Cellular Biophysics

**Empfohlen für:** 1./3. 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. 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 Physik

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

<b>Modultitel</b>	<b>Nuclear Magnetic Resonance Laboratory</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Nuclear Magnetic Resonance Laboratory
<b>Empfohlen für:</b>	1./2. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Leiter:in der Abteilung Magnetische Resonanz komplexer Quantenfestkörper
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Semester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktikum "Nuclear Magnetic Resonance Laboratory" (7 SWS) = 105 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 150 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. IPSP M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
<b>Ziele</b>	Die Studierenden erlernen die selbstständige Durchführung von Spinresonanzexperimenten Sie <ul style="list-style-type: none"> <li>- erschließen sich, aufbauend auf einer soliden physikalischen Grundausbildung, eine moderne Untersuchungsmethode der physikalischen Institute;</li> <li>- 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;</li> <li>- vertiefen ihre praktischen Kenntnisse durch Anwendung ausgewählter NMR-Methoden und dem Auf- bzw. Ausbau eines NMR-Spektrometers</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der Hochfrequenz-Messtechnik und Signalverarbeitung in der NMR Spektroskopie</li> <li>- statische und MAS NMR Verfahren</li> <li>- Echo-Methoden</li> <li>- Doppelresonanz-Experimente</li> <li>- Anwendung der erlernten Kenntnisse beim Aufbau eines Lehrspektrometers</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Teilnahme an den Modulen 12-PHY-BW3MQ1 "Spinresonanz I" und 12-PHY-MWPMQ2 "Spinresonanz II" oder vergleichbare Kenntnisse
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Slichter: Principles of Magnetic Resonance (Springer)</li> <li>- Levitt: Spin Dynamics (Wiley)</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

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

## Master of Science Physik

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. 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-MWPMQ2 "Spinresonanz II" 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

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

## Master of Science Physik

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. 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 Tumorsektaten

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 Physik

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. 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 Physik

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

<b>Modultitel</b>	<b>Practical Course: Quantum Field Theory and Gravity</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Practical Course: Quantum Field Theory and Gravity
<b>Empfohlen für:</b>	1./2. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Leiter:in der Abteilung Quantenfeldtheorie und Gravitation
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Semester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktikum "Practical Course: Quantum Field Theory and Gravity" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. IPSP M.Sc. IPSP M.Sc. Mathematical Physics M.Sc. Physik
<b>Ziele</b>	Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> <li>- sich in konzeptionelle und methodische Techniken der Quantenfeldtheorie und Gravitation einarbeiten,</li> <li>- Grundbegriffe der Literaturrecherche</li> <li>- einfache Modellprobleme selbstständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen.</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	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.
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	Hinweise zu Literaturangaben erfolgen in den Lehrveranstaltungen.
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

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

## Master of Science Physik

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

### Modultitel Quantum Technology 3

**Modultitel (englisch)** Quantum Technology 3

**Empfohlen für:** 1./3. 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. 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**

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

## Master of Science Physik

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

<b>Modultitel</b>	<b>Statistical Mechanics of Deep Learning</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Statistical Mechanics of Deep Learning
<b>Empfohlen für:</b>	1. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Leiter:in der Abteilung Quantum Statistical Physics
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Wintersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Statistical Mechanics of Deep Learning" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 90 h Selbststudium = 150 h</li> <li>• Seminar "Statistical Mechanics of Deep Learning" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
<b>Ziele</b>	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.
<b>Inhalt</b>	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
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	- A. Engel and C. van den Broeck, Statistical Mechanics of Learning, Cambridge University Press
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	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 Physik

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. 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

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

## Master of Science Physik

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. 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 Physik

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./3. 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. 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 Physik

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. 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 Physik

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

<b>Modultitel</b>	<b>Practical Course: Condensed Matter Theory</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Practical Course: Condensed Matter Theory
<b>Empfohlen für:</b>	1. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Leiter:in der Abteilung Theorie der kondensierten Materie
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Semester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktikum "Practical Course: Condensed Matter Theory" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. IPSP M.Sc. IPSP M.Sc. Mathematical Physics M.Sc. Physik
<b>Ziele</b>	Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> <li>- sich in konzeptionelle und methodische Techniken der Theorie kondensierter Materie einarbeiten,</li> <li>- Grundbegriffe der Literaturrecherche</li> <li>- einfache Modellprobleme selbständig bearbeiten, lösen und ihr Vorgehen begründen.</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	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.
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	Originalliteratur je nach Thema
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

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

## Master of Science Physik

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. 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 Physik

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

<b>Modultitel</b>	<b>Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences
<b>Empfohlen für:</b>	1. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Leiter:in der Abteilung Komplexe Systeme
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	alle 2 Jahre
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h</li> <li>• Übung "Stochastic Processes in Physics, Biology and Earth Sciences" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- B.Sc. IPSP</li> <li>- M.Sc. Physik</li> <li>- M.Sc. Mathematical Physics</li> <li>- M.Sc. IPSP</li> </ul>
<b>Ziele</b>	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.
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Charakterisierung zufälliger Variabler und stochastischer Prozesse (Grenzwertsätze, große Abweichungen), Anwendungen in der Statistischen Physik</li> <li>- Markov-Prozesse (Chapman-Kolmogorov-Gleichung, Mastergleichung, Kramer-Moyal-Entwicklung, Fokker-Planck-Gleichung), Anwendung auf Diffusionsprozesse, granulare Gasen und ASEPs, Fluktuationsrelationen nach Lebowitz und Spohn</li> <li>- Kontinuierliche stochastische Prozesse (Gauß-Prozesse, Ornstein-Uhlenbeck-Prozess, weißes Rauschen, Wiener-Prozess), Diskussion von Brownscher Bewegung und normaler Diffusion</li> <li>- Lévy-Prozesse (stabile Wahrscheinlichkeitsverteilungen), Ursachen von anomaler Diffusion</li> <li>- 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.</li> </ul> <p>Hinweis zur Prüfung: Die mündliche Prüfung besteht aus einer Präsentation (30 Min.) mit Diskussion (15 Min.).</p>
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- H. Haken: Synergetics. An Introduction (Springer, 1983)</li> <li>- C.W. Gardiner; Handbook of Stochastic Methods (Springer, 1985)</li> </ul>

- 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 Physik

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

<b>Modultitel</b>	<b>Non-linear Dynamics and Pattern Formation</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Non-linear Dynamics and Pattern Formation
<b>Empfohlen für:</b>	1. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Leiter:in der Abteilung Komplexe Systeme
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	alle 2 Jahre
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Non-linear Dynamics and Pattern Formation" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 80 h Selbststudium = 140 h</li> <li>• Übung "Non-linear Dynamics and Pattern Formation" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 130 h Selbststudium = 160 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- B.Sc. IPSP</li> <li>- M.Sc. Physik</li> <li>- M.Sc. IPSP</li> </ul>
<b>Ziele</b>	<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>
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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)</li> <li>- Strukturbildung in angetriebenen Systemen (Multiskalenanalyse, Amplitudengleichung für die Rayleigh-Benard-Instabilität, phänomenologische Amplitudengleichungen, Eckhaus- und Benjamin-Feir-Instabilitäten, Reaktions-Diffusions-Systeme, Turing-Instabilitäten)</li> <li>- Weiterführende Themen werden in Absprache mit den Studierenden diskutiert.</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<p>G. Nicolis: Introduction to Nonlinear Science (Cambridge UP, 1995)  E. Ott: Chaos in Dynamical Systems (Cambridge UP, 2002)  M. Cross, H. Greenside: Pattern Formation and Dynamics (Cambridge UP, 2009)</p>

**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 Physik

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. 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

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



## Master of Science Physik

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. 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 Physik

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. 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 Physik

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. 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

<b>Modulprüfung: Mündliche Prüfung 25 Min., mit Wichtung: 1</b>	
<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 Physik

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

<b>Modultitel</b>	<b>Semiconductor Physics II: Semiconductor Devices II</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Semiconductor Physics II: Semiconductor Devices II
<b>Empfohlen für:</b>	2. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Leiter:in der Abteilung Halbleiterphysik
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Sommersemester
<b>Lehrformen</b>	• Vorlesung "Semiconductor Physics II: Semiconductor Devices II" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 90 h Selbststudium = 150 h
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. IPSP M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
<b>Ziele</b>	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.
<b>Inhalt</b>	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.
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	M. Grundmann, The Physics of Semiconductors, Springer S. Sze, Physics of Semiconductor Devices, Wiley
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

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

## Master of Science Physik

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. 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 Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS10	Wahlpflicht

## Modultitel Molecular Nanotechnology

**Modultitel (englisch)** Molecular Nanotechnology

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in der Abteilung Molekulare Biophysik

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen** • Seminar "Molecular Nanotechnology" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

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

**Ziele** Nach der aktiven Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, zu den Themenkomplexen Literaturquellen zu erschließen und kritisch zu analysieren. Zudem können die Studierenden allein oder in kleinen Gruppen neue Fragestellungen entwerfen und eigene Projektideen entwickeln. Die gewonnenen Ergebnisse (Literaturanalysen, Projektskizzen) können sie in Form von Präsentationen verständlich darstellen.

**Inhalt** Die Studierenden lernen in Seminarform fortgeschrittene Themen aus der molekularen Nanotechnologie (selbst-assemblierende Nanostrukturen, Anwendungen von Nanostrukturen in der Nanophotonik und Nanomechanik, Analyse von Nanostrukturen) kennen. Sie arbeiten sich in ein spezielles Thema ein und analysieren kritisch Literaturquellen. Auf Basis dieser Arbeiten entwickeln sie eigene Ideen für ein Projekt in dem Themengebiet. Literaturanalyse als auch Projektskizze werden in einem Vortrag (Referat) präsentiert, dessen schriftliche Ausarbeitung sie einreichen. In diesem Zusammenhang vertiefen Studierende ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken und der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

**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**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Molecular Nanotechnology" (2SWS)

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS2	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>High Temperature Superconductors</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	High Temperature Superconductors
<b>Empfohlen für:</b>	2. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Leiter:in der Abteilung Magnetische Resonanz komplexer Quantenfestkörper
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Sommersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminar "High Temperature Superconductors" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. IPSP M.Sc. Physik M.Sc. IPSP
<b>Ziele</b>	Die Studierenden erarbeiten sich mit der Hochtemperatursupraleitung einen Überblick über ein modernes, offenes Forschungsgebiet der Festkörperphysik. Damit kommen sie mit den Anforderungen gegenwärtiger internationaler Forschung direkt in Kontakt. Sie erlernen, sich durch Selbststudium, Literaturrecherche, eigene Referate und Diskussionen in das Forschungsthema selbstständig einzuarbeiten.
<b>Inhalt</b>	Der Inhalt des Moduls bezieht sich auf das Themengebiet "Hochtemperatursupraleiter". Themenschwerpunkte sind <ul style="list-style-type: none"> <li>- Physikalische und chemische Besonderheiten der Hochtemperatursupraleiter-Materialien</li> <li>- Theoretische Konzepte zur Hochtemperatursupraleitung</li> <li>- State-of-the-art Messmethoden für Hochtemperatursupraleiter</li> <li>- aktuellste Entwicklungen im Forschungsgebiet und potentielle Anwendungen</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aktuelle Originalarbeiten und Monographien zu ausgewählten Aspekten der Hochtemperatursupraleitung</li> <li>- Schrieffer: Handbook of high-temperature superconductivity (Springer)</li> <li>- Poole, Farach, Creswick, Prozorov: Superconductivity (Elsevier)</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "High Temperature Superconductors" (2SWS)

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS3	Wahlpflicht

### Modultitel **Biological Physics**

**Modultitel (englisch)** Biological Physics

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in der Abteilung Biologische Physik

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen** • Seminar "Biological Physics" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 120 h Selbststudium = 150 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** B.Sc. IPSP  
M.Sc. Physik  
M.Sc. IPSP

**Ziele** Neben dem Hauptziel, dem Kennenlernen aktueller biophysikalischer Fragestellungen aus der Literatur, sollen die Studierenden lernen wie sie Zugang zur aktuellen wissenschaftlichen Literatur bekommen und wie sie in der Flut der Publikationen deren Qualität beurteilen können. Neben dem Erlernen, wie wissenschaftliche Präsentationen gegeben werden, soll vermittelt werden wie man selbst wissenschaftliche Journale zur Publikation auswählt und wie man die wissenschaftlichen Arbeiten verschiedener Gruppen einordnet.

**Inhalt**

- Welche wissenschaftlichen Journale gibt es? Wie sind sie einzuordnen? Wie bekomme ich Zugang?
- Wie beurteile ich wissenschaftliche Arbeiten? Welchen Wert haben quantitative Faktoren (impact factor, citation index, usw.)
- Wie halte ich einen wissenschaftlichen Vortrag?
- Wie schreibe ich einen wissenschaftlichen Review?
- Vermittlung aktueller wissenschaftlicher Fragestellungen in der Biophysik

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** aktuelle Veröffentlichungen im Bereich Biophysik

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

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

<b>Modulprüfung: Referat 45 Min., mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Biological Physics" (2SWS)

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS4	Wahlpflicht

### Modultitel Quantum Field Theory and Gravity

**Modultitel (englisch)** Quantum Field Theory and Gravity

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in der Abteilung Quantenfeldtheorie und Gravitation

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** mindestens jedes zweite Semester

**Lehrformen** • Seminar "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. Physik

**Ziele** Die Studierenden lernen in Seminarform fortgeschrittene Themen zu den Gebieten Quantenfeldtheorie und Gravitation sowie verwandten Gebieten kennen. Sie arbeiten sich in ein spezielles Thema ein und halten dazu einen Vortrag (Referat), den sie schriftlich ausarbeiten und einreichen. In diesem Zusammenhang vertiefen die Studierenden ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, dem Erstellen von schriftlichen Ausarbeitungen und der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

**Inhalt** Fortgeschrittene Themen z.B. zu den Bereichen:  
Eichfeldtheorie, Mathematische Physik, Gravitationstheorie, Quantenfeldtheorie

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** R. Geroch: "Suggestions for giving talks", arXiv:gr-qc/9703019  
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

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Quantum Field Theory and Gravity" (2SWS)

## Master of Science Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPHS7	Wahlpflicht

### Modultitel Condensed Matter Theory

**Modultitel (englisch)** Condensed Matter Theory

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in der Abteilung Theorie der kondensierten Materie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen** • Seminar "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. Physik

**Ziele** Die Studierenden lernen in Seminarform fortgeschrittene Themen aus den Gebieten der kondensierten Materie, der biologischen Physik, der stochastischen Dynamik, sowie aus verwandten Gebieten kennen. Sie arbeiten sich in ein spezielles Thema ein und halten dazu einen Vortrag (Referat), dessen schriftliche Ausarbeitung sie einreichen. In diesem Zusammenhang vertiefen die Studierenden ihre Fähigkeiten in Recherche- und Präsentationstechniken, dem Erstellen von schriftlichen Ausarbeitungen und der strukturierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge.

**Inhalt** Fortgeschrittene Themen z.B. zu den Bereichen:  
Struktur und Dynamik kondensierter Materie, Stochastische Dynamik, aktuelle interdisziplinäre Anwendungen der Theoretischen Physik

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** R. Geroch: "Suggestions for giving talks", arXiv:gr-qc/9703019  
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

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Seminar "Condensed Matter Theory" (2SWS)



## Master of Science Physik

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. 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 Physik

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. 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. Gompfer, 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 Physik

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-MWPMQ2	Wahlpflicht

### Modultitel **Spin Resonance II**

**Modultitel (englisch)** Spin Resonance II

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Leiter:in der Abteilung Magnetische Resonanz komplexer Quantenfestkörper

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Spin Resonance II" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h
- Übung "Spin Resonance II" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

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

**Ziele**

Die Studierenden

- eignen sich vertiefende Kenntnisse bei der theoretischen Beschreibung Spin-Resonanz an
- lernen die Wechselwirkungen von Atomkernen und Elektronen kennen
- lernen anspruchsvolle theoretische und messtechnische Konzepte der Spin-Resonanz

**Inhalt**

- Relaxation, Spin-Temperatur
- Bestimmung der Hyperfein-Wechselwirkung
- Direkte und indirekte magnetische Dipol-Wechselwirkung
- Elektrische Quadrupol-Wechselwirkung
- Mehrdimensionale Verfahren
- Mehrfach-Resonanz
- Bilderzeugung
- Spektroskopie biochemischer Strukturen und Prozesse
- Spektroskopie kollektiver elektronischer Anregungen

**Teilnahmevoraussetzungen** Teilnahme am Modul "Spinresonanz I" (12-PHY-BW3MQ1) oder vergleichbare Kenntnisse

**Literaturangabe**

Slichter, C.P. Principles of Magnetic Resonance  
M. H. Levitt, Spin Dynamics  
Abragam, A.; Bleaney, B. "Electron Paramagnetic Resonance of Transition Ions"

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

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Mündliche Prüfung 30 Min., mit Wichtung: 1</b>	
	Vorlesung "Spin Resonance II" (2SWS)
	Übung "Spin Resonance II" (2SWS)

## Master of Science Physik

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. 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 Physik

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. 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 Physik

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

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

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

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

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

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

## Master of Science Physik

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. 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 Physik

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**

- 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. 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**

- 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 Physik

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. 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 Physik

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**

- 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. Physik

**Ziele**

Nach einer aktiven Teilnahme am Modul können die Studierenden:

- 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 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 "Advanced Statistical Physics" (4SWS)

Übung "Advanced Statistical Physics" (2SWS)

# Master of Science Physik

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

## Modultitel **Forschungsseminar 1**

**Modultitel (englisch)** Research Project 1

**Empfohlen für:** 3. Semester

**Verantwortlich** Direktoren/innen der Physikalischen Institute

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

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

**Arbeitsaufwand** 15 LP = 450 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** 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 "Abteilungsseminar" (2SWS)



## Master of Science Physik

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

### Modultitel **Forschungsseminar 2**

**Modultitel (englisch)** Research Project 2

**Empfohlen für:** 3. Semester

**Verantwortlich** Direktoren/innen der Physikalischen Institute

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

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

**Arbeitsaufwand** 15 LP = 450 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** 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 "Gruppenseminar" (2SWS)