

# **Modulhandbuch**

## **für den Master-Studiengang Physik**

**zusammengestellt für die Fachrichtungen der Physik  
der Universität des Saarlandes  
von Prof. Dr. Christoph Becher und Prof. Dr. Ludger Santen**

Studien- abschnitt	Modul	Titel	Modulverantwortlich	ECTS
<b>Nicht-Physikalische Wahlpflicht</b>				
1.-2. Sem.	NPW	Nicht-physikalische Wahlpflicht	Studiendekan(in)/ Studienbeauftragte(r)in	18
1.-2. Sem.	P1	Programmierung I	Smolka	9
1.-2. Sem.	P2	Programmierung II	Zeller	9
1.-2. Sem.	TI	Grundzüge der theoretischen Informatik	Seidel	9
1.-2. Sem.	SA	Systemarchitektur	Paul	9
1.-2. Sem.	SDP	Softwaredesignpraktikum	Zeller	9
		Informationssysteme	Weikum	6
		Nebenläufige Programmierung	Hermanns	6
1.-2. Sem.	WMVÜ	Weiterführende Vorlesung mit Übung	Studiendekan(in)/ Studienbeauftragte(r)in	9
1.-2. Sem.	PDG	Partielle Differentialgleichungen	Fuchs	9
1.-2. Sem.	TNPD G	Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen	John	9
1.-2. Sem.	VR	Variationsrechnung	Fuchs	9
1.-2. Sem.	SN	Stochastische Numerik	Rjasanow	9
1.-2. Sem.	PC3	Physikalische Chemie III	Hempelmann	10
1.-2. Sem.	PC4	Physikalische Chemie der Materialien	Springborg	10
1.-2. Sem.	SQ	Schlüsselqualifikationen	Studiendekan(in)/ Studienbeauftragte(r)in	2
2. Sem.	ITG II	Informationstechnische Grundlagen für Physiker II	Hoffmann	6
1.-2. Sem.		Nanobiomaterialien	Arzt	6
<b>Physikalische Wahlpflicht</b>				
1.-2. Sem.	PWP	Physikalische Wahlpflicht	Studiendekan(in)/ Studienbeauftragte(r)in	10
1.-2. Sem.	TBP	Theoretische Biophysik	Kruse	5
1.-2. Sem.	CP	Computerphysik	Rieger	5
1.-2. Sem.	RS	Rheologie und Strömungsdynamik komplexer Flüssigkeiten	Wagner	5
1.-2. Sem.	MO	Moderne Optik	Becher	5
1.-2. Sem.	ESPB	Experimentelle und statistische Biologische Physik	Ott	5
1.-2. Sem.	WKM	Einführung in die Physik weicher kondensierter Materie	Jacobs/Seemann	5
1.-2. Sem.	NSP	Nanostrukturphysik II	Hartmann	5
1.-2. Sem.	QTL	Quantentheorie des Lichts	Morigi	5
1.-2. Sem.	MF	Materie in elektromagnetischen Feldern	Pelster	5
1.-2. Sem.	NGTD HD	Nichtgleichgewichtsthermodynamik und Hydrodynamik	Kruse	5
1.-2. Sem.		Einführung in die konforme Invarianz	Henkel	2
1.-2. Sem.		Einführung in die Kosmologie	Henkel	5
1.-2. Sem.		Teilchenfallen und Laserkühlung	Eschner	5
1.-2. Sem.		Einführung in die experimentelle Methoden der Bio- und Oberflächenphysik	Jacobs	2,5 (x2)
1.-2. Sem.		Allgemeine Relativitätstheorie	Henkel	5
1.-2. Sem.		Nanomechanik	Bennewitz	5
1.-2. Sem.		Auszüge aus experimentelle und theoretische Biophysik	Nadrowski	5
1.-2. Sem.		Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung	Wilhelm-Mauch	5
1.-2. Sem.		Optik für Fortgeschrittene – Advanced Optics	Straub	5
1.-2. Sem.		Technische und Moderne Optik	Ott	5

<b>Physikalische Wahlpflicht (Fortsetzung)</b>				
1.-2. Sem.		Einführung in die Hydrodynamik	Kruse	5
1.-2. Sem.		Phasenumwandlung und Kinetik in fester Materie	Birringer	5

<b>Pflichtveranstaltungen</b>				
1.-2. Sem.	EP V	Experimentalphysik V	Becher/Wichert	8
1.-2. Sem.	TP V	Theoretische Physik V	Santen	8
1.-2. Sem.	SEM	Seminar	Studiendekan(in)/ Studienbeauftragte(r)in	4
1.-2. Sem.	FP II	Phys. Praktikum für Fortgeschrittene	Birringer/Hartmann	12
3. Sem.	LP	Laborprojekt	Studiendekan(in)/ Studienbeauftragte(r)in	15
3. Sem.	FS	Forschungsseminar	Studiendekan(in)/ Studienbeauftragte(r)in	15
4. Sem.	MA	Master-Arbeit	Studiendekan(in)/ Studienbeauftragte(r)in	30

Nicht-Physikalische Wahlpflicht					NPW
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	WS & SS	1 Semester		18

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Studiendekan/in bzw. Studienbeauftragte/r der Physik
<b>Dozent/inn/en</b>	Dozenten der Fachrichtungen Informatik, Chemie, Mathematik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur(en) oder mündliche Prüfung(en)
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Siehe einzelne Teilmodule.
<b>Arbeitsaufwand</b>	Der Arbeitsaufwand in den Teilmodulen muss mindestens 540 h (18 CP) entsprechen.
<b>Modulnote</b>	Klausur oder mündliche Prüfung

Es müssen mindestens 9 CP in benoteten Teilmodulen erworben werden. Sind mehr als 9 CP in den erfolgreich absolvierten Teilmodulen benotet, werden die neun am besten bewerteten CP zur Berechnung der Modulnote herangezogen. Die Gesamtnote des Moduls errechnet sich aus den Ergebnissen der bestandenen Teilmodule.

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Erlernen der Methodik und Sprache benachbarter wissenschaftlicher Disziplinen
- Vorbereitung auf die Arbeit in interdisziplinären Forschungsprojekten
- Anwenden von physikalischen Methoden auf interdisziplinäre Fragestellungen.
- Siehe Modulbeschreibungen der Wahlpflichtfächer.

---

### Inhalt

Siehe Modulbeschreibungen der einzelnen Veranstaltungen.

---

### Weitere Informationen

Es wird sichergestellt, dass in jedem Semester geeignete Wahlpflichtvorlesungen angeboten werden.

Programmierung 1					CS 120 / P1
Studiensem. 5	Regelstudiensem. 5	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Gert Smolka
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. Gert Smolka, Prof. Dr. Andreas Podelski Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht (Teilmodul zu dem Modul AWP I)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung: 4 SWS (ca. 250 Studierende) Übung: 2 SWS Übungsgruppen mit bis zu 20 Studierenden
<b>Arbeitsaufwand</b>	270 h = 80 h Präsenz- und 190 h Eigenstudium
<b>Modulnote</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• zwei Klausuren (Mitte und Ende der Vorlesungszeit)</li><li>□ Die Note wird aus den Klausuren gemittelt und kann durch Leistungen in den Übungen verbessert werden.</li></ul>

---

### Lernziele/Kompetenzen

- höherstufige, getypte funktionale Programmierung anwenden können
- Verständnis rekursiver Datenstrukturen und Algorithmen, Zusammenhänge mit Mengenlehre
- Korrektheit beweisen und Laufzeit abschätzen
- Typabstraktion und Modularisierung verstehen
- Struktur von Programmiersprachen verstehen
- einfache Programmiersprachen formal beschreiben können
- einfache Programmiersprachen implementieren können
- anwendungsnahe Rechenmodelle mit maschinennahen Rechenmodellen realisieren können
- Praktische Programmiererfahrung, Routine im Umgang mit Interpretern und Übersetzern

---

### Inhalt

- Funktionale Programmierung
  - Algorithmen und Datenstrukturen (Listen, Bäume, Graphen; Korrektheitsbeweise; asymptotische Laufzeit)
  - Typabstraktion und Module
  - Programmieren mit Ausnahmen
  - Datenstrukturen mit Zustand
  - Struktur von Programmiersprachen (konkrete und abstrakte Syntax, statische und dynamische Syntax)
  - Realisierung von Programmiersprachen (Interpreter, virtuelle Maschinen, Übersetzer)
-

---

Weitere Informationen

Unterrichtssprache:

Literaturhinweise:

Skript zur Vorlesung; siehe auch Literaturliste vom WS 02/03:

<http://www.ps.uni-sb.de/courses/prog-ws02/literatur.html>

Programmierung II					P2
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	SS	1 Semester	6	9

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Andreas Zeller
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. Andreas Zeller und andere
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Programmierung 1
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	<p>Die Prüfungsleistungen werden in zwei Teilen erbracht, die zu gleichen Teilen in die Endnote eingehen. Um die Gesamtveranstaltung zu bestehen, muss jeder Teil einzeln bestanden werden.</p> <p>Im <b>Praktikumsteil</b> müssen die Studierenden eine Reihe von Programmieraufgaben selbstständig implementieren. Diese Programmieraufgaben ermöglichen das Einüben der Sprachkonzepte und führen außerdem komplexere Algorithmen und Datenstrukturen ein. Automatische Tests prüfen die Qualität der Implementierungen. Die Note des Praktikumsteils wird maßgeblich durch die Testergebnisse bestimmt.</p> <p>Im <b>Vorlesungsteil</b> müssen die Studierenden eine Klausur absolvieren und Übungsaufgaben bearbeiten. Die Aufgaben vertiefen dabei den Stoff der Vorlesung. Die Zulassung zu der Klausur hängt von der erfolgreichen Bearbeitung der Übungsaufgaben ab.</p> <p>Im Praktikumsteil kann eine Nachaufgabe angeboten werden; im Vorlesungsteil eine Nachprüfung. Hiermit können Studierende nachträglich die Veranstaltung bestehen.</p>
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<p>Vorlesung: 2 SWS Übung: 4 SWS (Übungsgruppen mit bis zu 20 Studierenden)</p>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>Präsenzzeit: 45 h Vor-und Nachbereitung: 225 h Gesamtzeit: 270 h</p>
<b>Modulnote</b>	Wird aus den Teilnoten ermittelt.

---

### Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden lernen die Grundprinzipien der imperativen /objektorientierten Programmierung kennen. Dabei wird primär Java als Programmiersprache verwendet.

In dieser Vorlesung lernen sie:

- mittelgroße objektorientierte Systeme in Java zu implementieren und zu testen
- kleinere, wohlstrukturierte Programme in C++ zu schreiben - im Wesentlichen als Umsetzung/Übersetzung der entsprechenden Java-Konzepte
- sich in wenigen Tagen eine neue imperative/objektorientierte Sprache anzueignen, um sich in ein bestehendes Projekt einzuarbeiten

---

### Inhalt

- Objekte und Klassen
- Klassendefinitionen
- Objektinteraktion
- Objektsammlungen
- Objekte nutzen und testen
- Vererbung
- Dynamische Bindung
- Fehlerbehandlung
- Graphische Oberflächen
- Klassendesign und Modularität
- Objekte in C++
- Systemnahe Programmierung

sowie spezifische Vorlesungen für die Programmieraufgaben.

---

### Weitere Informationen

#### Java

- David J. Barnes & Michael Kölling: *Java lernen mit BlueJ*
- Bruce Eckel: *Thinking in Java*
- Joshua Bloch, *Effective Java*

#### C++

- Mark Allen Weiss: *C++ for Java programmers*

Grundzüge der Theoretischen Informatik					CS420/TheoInf
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	WS	1 Semester	6	9

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Raimund Seidel
<b>Dozent/inn/en</b>	Finkbeiner, Mehlhorn, Paul, R. Seidel, Wilhelm
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Programmierung 1, Programmierung 2, Analysis 1, Lineare Algebra 1
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben Zwischentests Abschlussklausur Die Nachklausur findet innerhalb der letzten beiden Wochen vor Vorlesungsbeginn des Folgesemesters statt
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung: 4SWS (ca. 250 Studierende) Übung: 2 SWS (Übungsgruppen mit bis zu 20 Studierenden)
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit: 80 h Vor- und Nachbereitung: 190 h Gesamtzeit: 270 h
<b>Modulnote</b>	Die Note wird aus den Tests und dem Klausurergebnis ermittelt.

---

### Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden kennen verschiedene Rechenmodelle und ihre relativen Stärken und Mächtigkeiten. Sie können für ausgewählte Probleme zeigen, ob diese in bestimmten Rechenmodellen lösbar sind oder nicht. Sie verstehen den formalen Begriff der Berechenbarkeit wie auch der Nicht-Berechenbarkeit. Sie können Probleme aufeinander reduzieren. Sie sind vertraut mit den Grundzügen der Ressourcenbeschränkung (Zeit, Platz) für Berechnungen und der sich daraus ergebenden Komplexitätstheorie.

---

### Inhalt

- Die Sprachen der Chomsky Hierarchie und ihre verschiedenen Definitionen über Grammatiken und Automaten
- Abschlusseigenschaften
- Klassifikation von bestimmten Sprachen („Pumping lemmas“)
- Determinismus und Nicht-Determinismus
- Turing Maschinen und äquivalente Modelle von allgemeiner Berechenbarkeit (z.B.  $\mu$ -rekursive Funktionen, Random Access Machines)
- Reduzierbarkeit, Entscheidbarkeit, Nicht-Entscheidbarkeit;
- Die Komplexitätsmaße Zeit und Platz
- die Komplexitätsklassen P und NP
- Grundzüge der Theorie der NP-Vollständigkeit

---

**Weitere Informationen**

**Literatur:**

- Ingo Wegener: Theoretische Informatik - eine algorithmenorientierte Einführung.
- Harry R. Lewis, Christos H. Papadimitriou: Elements of the Theory of Computation
- John E. Hopcroft, Rajeev Motwani, Jeffrey D. Ullman: Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation
- Uwe Schöning: Theoretische Informatik - kurzgefasst
- Michael Sipser: Introduction to the Theory of Computation
- Norbert Blum: Theoretische Informatik

Systemarchitektur					SA
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	WS	1 Semester	6	9

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. W.-J. Paul
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. W.-J. Paul
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Empfohlen Programmierung 1, Analysis 1, Lineare Algebra 1
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	<p>Studienleistungen: die Vorlesungen hören, nachbearbeiten und ggfls. verstehen; die Übungen allein oder in Gruppen bearbeiten; erfolgreich bearbeitete Übungen in der Übungsgruppe vortragen und gegebenenfalls erklären können.</p> <p>Prüfungsleistungen: erfolgreiche Bearbeitung von 50 % der Übungsaufgaben berechtigt zur Teilnahme an den Klausuren (2 Klausuren, 1 Nachklausur)</p> <p>Die Nachklausur findet innerhalb der letzten beiden Wochen vor Vorlesungsbeginn des Folgesemesters statt.</p>
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<p>Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS (Übungsgruppen mit bis zu 20 Studierenden)</p>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>Präsenzzeit: 80 h Vor-und Nachbereitung: 190 h Gesamtzeit: 270 h</p>
<b>Modulnote</b>	Die Note wird aus Ergebnissen der Klausuren ermittelt.

---

### Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen lernen, ein einfaches System, bestehend aus Prozessor, Compiler und Betriebssystemkern

- zu spezifizieren,
- zu designen und
- per Korrektheitsbeweis (weil es am schnellsten geht) zu erklären, warum es funktioniert.

---

**Inhalt**

- Hardware
  - Boole'sche Algebra und Schaltkreise
  - Elementare Rechnerarithmetik
  - ALU (Konstruktion und Korrektheit)
  - Sequentieller vereinfachter DLX-Prozessor (Konstruktion und Korrektheit)
- Compiler für eine C-ähnliche Sprache
  - Syntax
  - Semantik
  - Korrektheitskriterium für die Übersetzung
  - Code-Generierung
  - Ausgewählte Teile des Korrektheitsbeweises
- Betriebssystemkern
  - Interrupt-Mechanismus
  - Memory-Management-Unit
  - Spezifikation des Verhaltens (CVM)
  - Konstruktion
  - Ausgewählte Teile des Korrektheitsbeweises

---

**Weitere Informationen**

**Literatur:**

Für den Hardware-Teil:

- Keller-Paul: Hardwaredesign; Teubner
- Müller-Paul: Computer-Architecture; Springer
- Mitschrift der Vorlesung auf der Web-Site der Vorlesung

Softwaredesignpraktikum					SDP
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	SS	1 Semester	6	9

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Andreas Zeller
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. Andreas Zeller, Prof. Dr. Philipp Slusallek, Prof. Dr. Holger Hermanns
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Programmierung 1 und 2
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Erfolgreiches Erstellen eines komplexen Softwareprodukts im Team, insbesondere: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einreichen der erforderlichen Dokumente</li> <li>• Abnahme des Endproduktes durch den Kunden</li> <li>• Einhaltung der Termin- und Qualitätsstandards</li> </ul>
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Praktikum, 9 CP
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit: 20 h Vor- und Nachbereitung: 250 h Gesamtzeit: 270 h
<b>Modulnote</b>	Unbenotet.

---

### Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, im Team zu arbeiten und Probleme der Informatik zu lösen.

Die Studierenden wissen, welche Probleme beim Durchführen eines Software-Projekts auftreten können, und wie man damit umgeht.

Sie können eine komplexe Aufgabenstellung eigenständig in ein Software-Produkt umsetzen, das den Anforderungen des Kunden entspricht. Hierfür wählen sie einen passenden Entwicklungsprozess, der Risiken früher erkannt und minimiert, und wenden diesen an.

Sie sind vertraut mit Grundzügen des Software-Entwurfs wie schwache Kopplung, hohe Kohäsion, Geheimnisprinzip sowie Entwurfs- und Architekturmustern und sind in der Lage, einen Entwurf anhand dieser Kriterien zu erstellen, zu beurteilen und zu verbessern.

Sie beherrschen Techniken der Qualitätssicherung wie Testen und Gegenlesen und wenden diese an.

---

### Inhalt

- Software-Entwurf (objektorientierter Entwurf mit UML)
- Software-Prozesse (Wasserfall, inkrementelles Modell, agile Modelle)
- Arbeiten im Team
- Projektplanung und -Durchführung
- Qualitätssicherung
- Programmierwerkzeuge (Versionskontrolle, Konstruktion, Test, Fehlersuche)

---

**Weitere Informationen**

**Achtung:** Das Praktikum findet in der vorlesungsfreien Zeit (Sommersemesterferien) statt!

**Literatur:**

- Balzert: Einführung in die Softwaretechnik I + II
- Gamma et al., Entwurfsmuster

Weiterführende Mathematik-Vorlesung 4stündig mit Übung					WMVÜ
Studiensem. <b>1</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>WS + SS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>9</b>

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Studiendekan/in bzw. Studienbeauftragte/r der Physik Dozenten der Fachrichtung Mathematik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Angemessene Vorkenntnisse.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur(en) oder mündliche Prüfung(en); Bekanntgabe des Prüfungsmodus zu Beginn der Vorlesung.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	Vorlesung: 60 h Übung: 30 h Vor- und Nachbereitung: 180 h Summe: 270 h
<b>Modulnote</b>	Note der schriftlichen bzw. mündlichen Abschlussprüfung.

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Erwerb grundlegender Begriffe und Methoden eines mathematischen Teilgebiets.
- Siehe Modulbeschreibungen der mathematischen Studiengänge.

---

### Inhalt

Siehe Beschreibungen der Veranstaltungen im Modulhandbuch der mathematischen Studiengänge.

---

### Weitere Informationen

Geeignete Veranstaltungen sind z.B. die im Folgenden beschriebenen Module Partielle Differentialgleichungen, Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen, Variationsrechnung, sowie Stochastische Numerik. Der Besuch anderer geeigneter Veranstaltungen ist nach Absprache mit dem Prüfungsausschussvorsitzenden möglich.  
Es wird sichergestellt, dass in jedem Semester geeignete Wahlpflichtvorlesungen angeboten werden.

Anmeldung: Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet.

Partielle Differentialgleichungen					PDG
Studiensem. 1	Regelsem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9

<b>Modulverantwortliche(r)</b>	M. Fuchs
<b>Dozent(inn)en</b>	M. Fuchs
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Zulassungsvoraussetzungen. Grundlagen in Analysis und lineare Algebra sind von Vorteil
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Regelmäßige Teilnahme an den begleitenden Übungen; Zwischenklausur und Abschlussprüfung am Semesterende.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	60 h Kontaktzeit für die Vorlesung, 30 h Kontaktzeit in den Übungen, 180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h.
<b>Modulnote</b>	Durch die Klausur(en)

---

#### Ziele / Kompetenzen

Beherrschung der grundlegenden Methoden und Techniken der Partiellen Differentialgleichungen

---

#### Inhalt

- Beispiele für partielle Differentialgleichungen, Klassifikation, elementare Lösungsmethoden
- Lineare elliptische Gleichungen der Ordnung zwei: Maximumprinzipien, Existenz- und Eindeutigkeitsaussagen für verschiedene Randwertaufgaben
- Diskussion der Anfangs/Randwertaufgabe für lineare parabolische Probleme
- Einführung in die Theorie nichtlinearer partieller Differentialgleichungen

---

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch oder englisch

Literaturhinweise: J.. Jost, Partielle Differentialgleichungen. Springer 1998  
D. Gilbarg, N.S. Trudinger, Elliptic partial differential equations of second order. Springer 1983  
F. John, Partial Differential Equations. Springer 1982  
A. Friedman, Partial Differential Equations of parabolic type. Prentice-Hall 1964

Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen					TNPDG
Studiensem. <b>1</b>	Regelsem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester (WS)</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>9</b>

<b>Modulverantwortliche(r)</b>	John
<b>Dozent(inn)en</b>	Dozenten der Mathematik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Zulassungsvoraussetzungen.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Regelmäßige Teilnahme an der Vorlesung und an den begleitenden Übungen; Zwischenklausur und Abschlussprüfung am Semesterende.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	60 h Kontaktzeit für die Vorlesung, 30 h Kontaktzeit in den Übungen, 180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h.
<b>Modulnote</b>	Durch Klausur(en) oder mündliche Prüfung. Der Modus wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.

---

#### Ziele / Kompetenzen

Beherrschung der grundlegenden Methoden und Techniken

---

#### Inhalt

- Grundlagen (Satz von Gauss, Distributionen, Sobolev-Räume)
- Theorie elliptischer Gleichungen (Energimethoden, Darstellungsformeln, Maximumprinzip)
- Theorie parabolischer Gleichungen
- Finite-Differenzen-Methoden
- Finite-Element-Methoden

---

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise: werden jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet bekannt gegeben.

Methoden: Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeit, Übungen).

Anmeldung: Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet.

Variationsrechnung					VR
Studiensem. 1	Regelsem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9

<b>Modulverantwortliche(r)</b>	M. Fuchs
<b>Dozent(inn)en</b>	M. Fuchs
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen Grundlagen in Analysis und lineare Algebra sind von Vorteil.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Regelmäßige Teilnahme an den begleitenden Übungen; Zwischenklausur und Abschlussprüfung am Semesterende.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	60 h Kontaktzeit für die Vorlesung, 30 h Kontaktzeit in den Übungen, 180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h.
<b>Modulnote</b>	Durch die Klausur(en)

---

#### Ziele / Kompetenzen

Beherrschung der grundlegenden Methoden und Techniken der Riemannschen Geometrie.

---

#### Inhalt

- Beispiele für unendlichdimensionale Extremwertaufgaben: Minimalflächen, Harmonische Abbildungen zwischen Riemannschen Mannigfaltigkeiten, elastisches und plastisches Materialverhalten
- Funktionalanalytische Grundlagen: Sobolevräume und ihre Eigenschaften
- Die direkte Methode der Variationsrechnung: Unterhalbstetigkeitssätze und Existenz schwacher Minima für konvexe Probleme
- Entwicklung einer Regularitätstheorie für einfache Modelle
- Variationsprobleme aus Fluid- und Kontinuumsmechanik

---

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch oder englisch

Literaturhinweise: B. Dacorogna, Direct methods in the calculus of variations. Springer 1988

M. Giaquinta, Multiple integrals in the calculus of variations and nonlinear elliptic systems. Princeton UP 1983

M. Fuchs, Topics In The Calculus Of Variations, Vieweg Verlag 1994

M. Fuchs, G. Seregin, Variational methods for problems from plasticity theory and for generalized Newtonian fluids. Springer LNM 1749 (2000)

Stochastische Numerik					SN
Studiensem. <b>1</b>	Regelsem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>9</b>

<b>Modulverantwortliche(r)</b>	Rjasanow
<b>Dozent(inn)en</b>	Dozenten der Mathematik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Regelmäßige Teilnahme an der Vorlesung und an den begleitenden Übungen; Zwischenklausur und Abschlussprüfung am Semesterende.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	60 h Kontaktzeit für die Vorlesung, 30 h Kontaktzeit in den Übungen, 180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h.
<b>Modulnote</b>	Durch Klausur(en) oder mündliche Prüfung. Der Modus wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.

---

### Ziele / Kompetenzen

Beherrschung der grundlegenden Methoden und Techniken

---

### Inhalt

- Grundlagen: Begriffe und Resultate aus der Wahrscheinlichkeitstheorie
- Pseudozufallszahlen
- Algorithmen zur Modellierung von Verteilungen
- Monte-Carlo-Methoden zur Integration
- Monte-Carlo-Methoden zur Lösung von Gleichungen
- Quasi-Monte-Carlo-Methoden

---

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise: werden jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet bekannt gegeben.

Methoden: Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeit, Übungen).

Anmeldung: Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet.

Physikalische Chemie III					PC III
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 2	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 12	ECTS-Punkte 10

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Hempelmann		
<b>Dozent/inn/en</b>	Hempelmann, Springborg		
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen		
<b>Leistungskontrollen</b>	Modulklausur		
<b>Lehrveranstaltungen / Methoden</b>	Elektrochemie, 2V Statistische Thermodynamik & Materials Modelling, 2V Masterpraktikum Physikalische Chemie, 8P		
<b>Arbeitsaufwand</b>	Vorlesung/Übung: (15 Wochen, 4 SWS):		60 h
	(zus. Vor- und Nachbereitung, Klausur)		120 h
	Praktikum:		120 h
	Summe:		300 h
<b>Modulnote</b>	Note der Abschlussprüfung		

#### Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen die Elektrochemie als ein Grenzgebiet zwischen Chemie und Elektrizitätslehre bewerten und zur rechnerischen und experimentelle Lösung von Fragestellungen einsetzen können: Aus der Wirkung des elektrischen Feldes auf chemische Systeme resultiert die Gewinnung wichtiger Metalle und chemischer Grundstoffe sowie die Synthese von organischen Stoffen, auch von Polymeren. Umgekehrt, in der Elektroanalytik, rufen Stoffe und Stoffumwandlungen elektrische Signale hervor. Die effiziente Konvertierung chemischer in elektrische Energie ist ein hochaktuelles Thema. Auch ein Überblick über die Bioelektrochemie (Vorgänge in Zellmembranen, Elektroenzymatik, Biosensoren, Biobrennstoffzellen) wird erworben.

Die Studierenden erwerben ein detailliertes Verständnis der Statistischen Thermodynamik und können deren Prinzipien auf thermodynamische Fragestellungen anwenden.

Ein weiteres wichtiges Werkzeug des Chemikers ist die Simulation und das so genannte Molecular Modelling. An einfachen Beispielen werden Anwendungen dieser Methoden der theoretischen Chemie erprobt.

---

**Inhalt**

Vorlesung Elektrochemie (3 CP):

- Elektrochemisches Potential
- Elektrochemisches Gleichgewicht
- Elektrolytlösungen
- Elektrolytische Doppelschicht
- Überspannung, stromdurchflossene Elektroden
- Halbleiter als Elektroden, Photoelektrochemie
- Experimentelle Methoden der Elektrochemie
- Ionische Flüssigkeiten
- Festkörperelektrochemie
- Elektrochemische Energieumwandlung:  
Superkondensatoren, Batterien und Brennstoffzellen
- Bioelektrochemie

Vorlesung Statistische Thermodynamik & Materials Modelling (3 CP):

**Statistische Thermodynamik:**

- Boltzmann Verteilung
- Zustandssumme
- Fermi-Dirac und Bose-Einstein Verteilungen
- Thermodynamische Eigenschaften mit Hilfe der Zustandssumme
- Transportphänomene

**Materials Modelling:**

- Hartree-Fock Methode
- Basissätze
- Empirische und semiempirische Methoden
- Korrelationseffekte
- Dichtefunktionaltheorie

Masterpraktikum Physikalische Chemie (4 CP):

**Experimente im chemischen Labor**

- Zyklische Voltametrie (CV)
- Elektrochemische Impedanz-Spektroskopie (EIS)
- Chronoamperometrie (CA)
- Rotierende Scheibenelektrode (RDE)
- Elektrolytische Metallabscheidung
- Brennstoffzellen (H<sub>2</sub>-PEMFC, DMFC, SOFC)

**Experimente im Cip Pool**

- Molecular Dynamics (MD) Simulation
- Monte Carlo (MC) Simulation
- Molecular Modelling

---

**Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: Deutsch

Die Vorlesungen/Übungen können auch einzeln belegt werden. Teilnahme am Seminar und am Praktikum setzt jedoch die Belegung des gesamten Moduls voraus.

Literaturhinweise: T. Engel und P. Reid: Physikalische Chemie,  
C.H. Hamann, W. Vielstich,  
Elektrochemie, Wiley-VCH  
H.H. Girault, Analytical and Physical Electrochemistry, EPFL Press  
B.J. McClelland, Statistical Thermodynamics, Chapman&Hall, London  
H.T. Davis, Statistical Mechanics of Phases, Interfaces and Thin Films,  
Wiley.VCH  
Eigene Skripten

Physikalische Chemie der Materialien					PC IV
Studiensem. 1-2	Regelstudiensem. 2	Turnus jährlich	Dauer 2 Semester	SWS 10	ECTS-Punkte 10.0

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Springborg										
<b>Dozent/inn/en</b>	Hempelmann, Springborg										
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Nicht-physikalische Wahlpflicht (NPW)										
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Testate für Protokoll und Kolloquien zum Praktikum										
<b>Leistungskontrollen</b>	Modulklausur										
<b>Lehrveranstaltungen / Methoden</b>	<b>Kondensierte Materie, 2V</b> <b>Angewandte Materials Modelling, 2V</b> <b>Seminar MaterPhysChem, 1S</b> <b>Praktikum MaterPhysChem, 5P</b>										
<b>Arbeitsaufwand</b>	<table> <tr> <td>Vorlesung/Übung: (15 Wochen, 4 SWS):</td> <td>60 h</td> </tr> <tr> <td>(zus. Vor- und Nachbereitung, Klausur)</td> <td>120 h</td> </tr> <tr> <td>Seminar:</td> <td>45 h</td> </tr> <tr> <td>Praktikum:</td> <td>75 h</td> </tr> <tr> <td>Summe:</td> <td>300 h</td> </tr> </table>	Vorlesung/Übung: (15 Wochen, 4 SWS):	60 h	(zus. Vor- und Nachbereitung, Klausur)	120 h	Seminar:	45 h	Praktikum:	75 h	Summe:	300 h
Vorlesung/Übung: (15 Wochen, 4 SWS):	60 h										
(zus. Vor- und Nachbereitung, Klausur)	120 h										
Seminar:	45 h										
Praktikum:	75 h										
Summe:	300 h										
<b>Modulnote</b>	Note der Abschlussprüfung										

---

#### Lernziele / Kompetenzen

Die Besonderheiten der (Physikalischen) Chemie der Kondensierten Materie (Festkörper und Flüssigkeiten) im Unterschied zur Molekülchemie soll der Studierende bewerten und zur Lösung fachübergreifender werkstoffwissenschaftlicher Probleme einsetzen können.

Weiterhin soll ein Verständnis der Methoden der Computerchemie entwickelt werden, um diese Methoden zur Behandlung chemischer/physikalischer Fragestellungen bezüglich Kondensierter Materie einsetzen zu können.

---

**Inhalt**

Vorlesung Kondensierte Materie (3,0 CP):

Der erste Teil dieser Vorlesung betrifft Struktur und Dynamik: Die chemische Bindung im Festkörper, Struktur der Festkörper und Strukturbestimmung werden kurz wiederholt, um dann fundiert auf Strukturelle Defekte einzugehen. Es folgen Gitterdynamik und anharmonische Gittereigenschaften. Dabei spielen Streuexperimente eine große Rolle. Im zweiten Teil der Vorlesung werden als wichtige Festkörpereigenschaften die Supraleitung, der Magnetismus und die dielektrischen/optischen Eigenschaften von Festkörpern behandelt. In der gesamte Vorlesung werden die jeweiligen Besonderheiten von nanostrukturierter Materie herausgearbeitet. Der dritte Teil der Vorlesung werden noch kurz Flüssigkeiten behandelt.

Vorlesung Angewandte Materials Modelling (3,0 CP):

Der Kurs wird projektorientiert durchgeführt. Eine oder mehrere chemische Fragestellungen, die in anderen Arbeitsgruppen der Chemie experimentell von einigen der teilnehmenden Studenten bearbeitet wurden, sollen mit Hilfe der Methoden der Computerchemie behandelt werden. Die praktischen Aufgaben werden durch Vorlesungen begleitet, die die aufgetretenen Probleme und eingesetzten Methoden näher erläutern.

Seminar MaterPhysChem (1,5 CP):

Spezielle Aspekte der kondensierten Materie werden von Studenten, unter Betreuung der Dozenten, aufgearbeitet und präsentiert. Das ergibt die Möglichkeit zur Verfestigung und Vertiefung des Lernstoffes.

Praktikum MaterPhysChem (2,5 CP):

- Induktionsschmelzen und Gitterkonstanten
- Kristallitgrößenbestimmung von Nanopartikeln
- Stöber-Synthese, Emulsionspolymerisation und Photonenkorrelationspektroskopie
- Grenzflächeneffekte
- Ferrofluide und superparamagnetische Relaxation
- Fluoreszenz und Fluoreszenzquenching in Nanopartikeln
- Rheologie nicht-newton'scher Flüssigkeiten

---

**Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise: Engel und Reid: Physikalische Chemie  
S. Hunklinger, Festkörperphysik  
M.T. Dove, Structure and Dynamics  
J.F. Annett, Superconductivity, Superfluids and Condensates  
S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter

Eigene Skripte

Schlüsselqualifikationen					SQ
Studiensem. <b>1</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>WS &amp; SS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	ECTS-Punkte <b>2</b>

**Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en** Studiendekan/in bzw. Studienbeauftragte/r der Physik  
 Dozenten des Sprachenzentrums, Dozenten der Physik

**Zuordnung zum Curriculum** Schlüsselqualifikationen

**Zulassungsvoraussetzungen** Siehe einzelne Teilmodule  
**Leistungskontrollen / Prüfungen** Siehe einzelne Teilmodule  
**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS

**Arbeitsaufwand** Präsenzzeit 30 Stunden  
 Vor- und Nachbereitung 30 Stunden  
 -----  
 Summe 60 Stunden

**Modulnote** Unbenotet

---

**Lernziele/Kompetenzen**

- Vermittlung von fachübergreifenden Kompetenzen, wie z.B. technisches Englisch, Selbstorganisation, Projektpräsentation, die dem Berufseinstieg förderlich sind.

---

**Inhalt**

Siehe einzelne Teilmodule

---

Modul <b>Informationstechnische Grundlagen für Physiker II</b>					Abk. <b>ITG II</b>
Studiensem. <b>2. Sem.</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>SS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>

Modulverantwortliche/r Christian Hoffmann

**Dozent/inn/en** Christian Hoffmann

**Zuordnung zum Curriculum** Wahlpflichtbereich  
Teilmodul zum Modul Nicht-Physikalische Wahlpflicht (NPWP)

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formalen Voraussetzungen

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Klausur bzw. Projektarbeit

**Lehrveranstaltungen / SWS** Vorlesung (2 SWS)  
Übung (2 SWS)

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit Vorlesungen  
15 Wochen à 2 SWS 60 Stunden
- Präsenzzeit Übung  
15 Wochen à 2 SWS 60 Stunden
- Vor- und Nachbereitung Vorlesung,  
Bearbeitung der Übungsaufgaben,  
Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 60 Stunden

-----

Summe 180 Stunden

**Modulnote** Note aus der Klausur bzw. der Projektarbeit

---

### Lernziele/Kompetenzen

Die Veranstaltung richtet sich vorwiegend an Physikstudenten im Master- und Bachelorstudiengang sowie an Lehramtstudenten und vermittelt wesentliche Kenntnisse auf dem Gebiet der Informationstechnik (Programmieren, Mess- und Steuerungstechnik, Datenauswertung und -darstellung), die beim Durchführen wissenschaftlicher Arbeiten (sowohl im experimentellen als auch im theoretischen Bereich) benötigt werden.

\* Vertiefte Programmierkenntnisse im Hinblick auf physikalische Problemstellungen (Programmiersprachen C/C++, Datenstrukturen, Algorithmen, Programmierstrategien, Debugging, Optimierung, Methoden der Parallelisierung, Numerik)

\* Programmierung und Verwendung von Mikrocontrollern für physikalische Aufgaben (Grundlagen, spezifische Programmier Techniken, angewandte Probleme der Messwerterfassung und Steuerung, elektrotechnische Grundlagen von Sensoren und Aktoren, Netzwerke)

\* Typische Anwendungsprogramme für Physiker (Computeralgebrasysteme wie Maple, vertiefte Kenntnisse in Matlab, Visualisierungsmethoden und -strategien, Darstellung und Präsentation, OpenSource-Software)

---

---

**Inhalt**

- Programmiersprache C/C++
- Datenstrukturen: Zeiger, Listen, Bäume, Klassen, Objekte...
- Algorithmen: Deterministische Programmiersprachen, Suchverfahren, Parallelisierung und Nebenläufigkeit, numerische Methoden in der Physik
- Umgang mit Mikrocontrollern am Beispiel des Atmega- $\mu$ Controllers (Arduino Open-Hardware-Projekt) zur Steuerung und Messwerterfassung in typischen Laboranwendungen – Labormess- und -steuerungspraxis
- Elektrotechnische Grundlagen von Sensoren und Aktoren, typische digitale Kommunikationsprotokolle (RS232, SPI, I2C)
- Computerhardware und Netzwerktechnik
- Verwendung von Maple/Mathematica zur analytischen und numerischen Behandlung physikalischer Probleme
- Messwertverarbeitung und Darstellungstechniken mit Matlab
- Anwendungsprogramme (z.B. gnuplot, grace, qtiplot, awk, sed, mencoder, opensCAD, batch-Techniken...)

---

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Modul: <b>NanoBioMaterialien (Neue Materialien)</b>					Abkürzung
Studiensemester <b>1-4</b>	Regelstudiensemester <b>2-3</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>2 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>

<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Eduard Arzt										
<b>Dozent/inn/en</b>	Arzt und Dozenten des INM, Ansprechpartner: PD Dr. I. Weiss										
<b>Zuordnung zum Curriculum</b> [Pflicht, Wahlpflicht]	Masterstudium nicht-physikalische Wahlpflicht										
<b>Zulassungsvoraussetzungen zur Modulprüfung</b>	Keine										
<b>Prüfungen</b>	Klausur/mündl. Prüfung am Semesterende (mündl. Prüfungen zur Vorlesung NanoBioMaterialien I + II)										
<b>Lehrveranstaltungen</b>	Vorlesung NanoBioMaterialien 4 SWS (6 CP) (Anwendungsorientierte Interdisziplin. Materialwissenschaft)										
<b>Arbeitsaufwand</b>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>Nano/Biomaterialien 4 SWS:</td> <td style="text-align: right;">60 h</td> </tr> <tr> <td>Vor- Nachbereitung, Klausur / mündl. Prüfungen</td> <td style="text-align: right;">120 h</td> </tr> <tr> <td>Summe:</td> <td style="text-align: right;">180 h (6 CP)</td> </tr> </table>					Nano/Biomaterialien 4 SWS:	60 h	Vor- Nachbereitung, Klausur / mündl. Prüfungen	120 h	Summe:	180 h (6 CP)
Nano/Biomaterialien 4 SWS:	60 h										
Vor- Nachbereitung, Klausur / mündl. Prüfungen	120 h										
Summe:	180 h (6 CP)										
<b>Modulnote</b>	gewichteter Mittelwert aus den Noten der Teilprüfungen gemäß §11 der Prüfungsordnung										

#### Lernziele/Kompetenzen

Skaleneffekte in der Materialwissenschaft – Grundlagen und Anwendung

Präparatives Arbeiten in der Materialwissenschaft (Chemie / Nanotechnologie)

Präparatives Arbeiten in der Materialwissenschaft (Biochemie / Biotechnologie)

Neue physikalische Testverfahren für die interdisziplinäre Materialwissenschaft (Physik)

Analytisches Arbeiten in der Materialwissenschaft (Physik)

Analytisches Arbeiten in der Materialwissenschaft (Chemie)

Analytisches Arbeiten in der Materialwissenschaft (Zellbiologie)

Analytisches Arbeiten in der Materialwissenschaft (Biochemie)

#### Inhalte

Vorlesung Nano/Biomaterialien

Herstellung von Nanopartikeln

Nanokomposite

Polymere Oberflächenstrukturen

Biologische Materialien

Nanopartikel in biologischer Umgebung

Nanotribologie

Mikro/Nanometalle

Nanoanalytik I – Aufschlussverfahren und Chemische Spurenanalytik

Nanoanalytik II und III – Mikroskopie und Beugung

Komposit-Materialien für die Optik

Schutzschichten

PVD/CVD Processes and Biomedical Coatings

Biominalisation

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch/Englisch

Literaturhinweise:

Modul Sprachkurse (Niveau mindestens B1)					Abk.
Studiensem. 1-6	Regelstudiensem. 6	Turnus Jedes Semester	Dauer 1 Sem.	SWS 2-4 & indiv.	ECTS-Punkte Max. 4

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dr. Peter Tischer, Leiter des Sprachenzentrums
<b>Dozent/inn/en</b>	<a href="https://www.szs.uni-saarland.de/personal.html">https://www.szs.uni-saarland.de/personal.html</a>
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Master Physik, nicht-physikalische Wahlpflicht (einbringbar bei Niveau mindestens B1)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Für Anfänger: keine Französisch, Englisch, Spanisch: Obligatorischer Einstufungstest Fortgeschrittenenkurse: Nachweise über belegte Kurse bzw. Gespräche mit dem Dozenten
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Abschlussklausur und Anwesenheit beim Unterricht (mindestens 80%)
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Seminar mit 2 -4 SWS, eigenständiges Lernen mit monatlichen Treffen und 4wöchige Intensivkurse mit 4 h Unterricht täglich. Gruppe von 6 – 40 Studierenden
<b>Arbeitsaufwand</b>	2 SWS: 90 h = 30 h Seminar und 60 h Eigenstudium 4 SWS: 180 h = 60 h Seminar und 120 h Eigenstudium
<b>Modulnote</b>	Unbenotet

---

### Lernziele/Kompetenzen

Auf entsprechendem Niveau:

- Leseverstehen
- Hörverstehen
- Sprechfertigkeit
- Grammatik
- Schreibtraining

---

### Inhalt

Abhängig vom Kurs

---

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch und unterrichtete Sprache

Literatur: Kursabhängig

Medienform: Bücher, Beamer, Folien, Tafel, Sprachlabor, Video

Physikalische Wahlpflicht					PW
Studiensem. <b>1 und 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>WS &amp; SS</b>	Dauer <b>2 Semester</b>	SWS <b>8</b>	ECTS-Punkte <b>10</b>

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Studiendekan/in bzw. Studienbeauftragte/r der Physik Hochschullehrer(innen) aus den Fachrichtungen der Physik	
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht	
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen	
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	2 Vorlesungen (je 3 SWS) mit Übungen (je 1SWS) aus den Wahlpflichtvorlesungen des Master Studiengangs Physik	
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 2x15 Wochen à 3 SWS <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> <li>• Präsenzzeit Übung 2x15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">30 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">180 Stunden</span></li> </ul>	
	----- Summe	300 Stunden
<b>Modulnote</b>	Wird ermittelt aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen. Es müssen mindestens fünf CP in benoteten Teilmodulen erworben werden. Sind mehr als fünf CP in den erfolgreich absolvierten Teilmodulen benotet, werden die fünf am besten bewerteten CP zur Berechnung der Modulnote herangezogen. Die Gesamtnote des Moduls errechnet sich aus den Ergebnissen der bestandenen Teilmodule.	

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Übersicht über ein aktuelles Forschungsgebiet der Physik
- Aktuelle Forschungsmethodik des jeweiligen Teilgebiets im Wesentlichen verstehen und wiedergeben können

---

### Inhalt

Siehe Modulbeschreibungen für die einzelnen Vorlesungen

---

### Weitere Informationen

Es wird sichergestellt, dass in jedem Semester Wahlpflichtvorlesungen aus dem Bereich der experimentellen und theoretischen Physik angeboten werden.

Theoretische Biophysik					TBP
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Kruse Kruse, Rieger, Santen
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung (3 SWS)</li> <li>• Übung (1 SWS)</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS <span style="float: right;">45 Stunden</span></li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">15 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> </ul> <p>-----</p> <p>Summe <span style="float: right;">150 Stunden</span></p>
<b>Modulnote</b>	Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen

---

**Lernziele/Kompetenzen:**

- Fähigkeit, biologische Systeme zu analysieren
- Fähigkeit, physikalische Beschreibungen biologischer Systeme zu entwickeln
- Einüben von interdisziplinärer Kommunikation
- Fähigkeit der selbständigen Lektüre aktueller biophysikalischer Veröffentlichungen

---

**Inhalt**

- Einführung in zelluläre Prozesse
- Netzwerk motive, Robustheit
- Statistische Physik von Polymeren
- Stochastische Prozesse
- Molekulare Motoren
- Dynamik von Axonemen
- Zytoskelettdynamik
- Evolutionsdynamik

---

**Weitere Informationen**

**Literaturhinweise:**

- U. Alon: An Introduction to Systems Biology
- P. Nelson: Biological Physics
- J. Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton
- M. Doi, S. Edwards: The Theory of Polymer Dynamics
- C. Gardiner: Handbook of Stochastic Methods

Computerphysik					CP
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Rieger Rieger, Santen
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung (3 SWS)</li> <li>• Übung (1 SWS)</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS <span style="float: right;">45 Stunden</span></li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">15 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> </ul> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: right;">Summe <span style="float: right;">150 Stunden</span></p>
<b>Modulnote</b>	Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung

---

#### Lernziele/Kompetenzen:

- Überblick über die grundlegenden Konzepte und modernen Methoden und Algorithmen der Computerphysik, Kenntnis der wichtigsten algorithmischen Prinzipien
- Erlangung der technischen Kompetenz zur Computer-gestützten Analyse theoretischer Modelle von komplexen physikalischen Problemen
- Kompetenz zur kritischen Beurteilung von numerischen Methoden und Algorithmen
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen theoretischen Begriffen und Resultaten von Computersimulationen
- Erlernung des routinierten Einsatzes von Computern in der theoretisch-physikalischen Forschung
- Management naturwissenschaftlicher Programm-Entwicklung: Programmierung, Debugging & Testing, Optimierung, Datengenerierung und -analyse

#### Inhalt

- Numerische Integration von Differentialgleichungen
- Molekulardynamik-Simulationen
- Zufallszahlen und stochastische Prozesse
- Monte-Carlo Simulationen / Cluster-Algorithmen
- Pfadintegral- bzw. Quanten-Monte-Carlo-Simulationen
- Integration der Schrödinger-Gleichung / ab-initio Rechnungen
- Dichte-Funktional-Theorie
- Exakte Diagonalisierung von Vielteilchen-Hamiltonians
- Dichte-Matrix-Renormierungsgruppe
- Kombinatorische Optimierung

---

Weitere Informationen

Literaturhinweise:

- J.M. Thijsen, Computational Physics, Cambridge University Press (1999), Cambridge (UK)
- H.G. Evertz, The loop algorithm, Adv. Phys. 52 (2003) 1, cond-mat/9707221
- S.R. White, Strongly correlated electron systems and the density matrix renormalization group, Phys. Rep. 301, (1998) 187
- D. Frenkel und B. Smit, *Understanding Molecular Simulation*, Academic Press
- W. Krauth, Statistical Mechanics: Algorithms and Computations, Oxford Master Series in Statistical, Computational, and Theoretical Physics

Rheologie und Strömungsdynamik komplexer Flüssigkeiten					PWP RS
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Wagner				
<b>Dozent/inn/en</b>	Wagner				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik und Feldgleichungen (typischerweise erworben in Modulen EPI und EP II und TP I und TP II)				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; abschließend mündl. Prüfung				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b> [ggf. max. Gruppengröße]	Vorlesung (3 SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)				
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</li> </ul>				45 Stunden  15 Stunden  90 Stunden
	----- Summe				150 Stunden
<b>Modulnote</b>	Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung				

### Lernziele / Kompetenzen

- Überblick über aktuelle Forschungsfragen wie Mikrorheologie, biologische Strömungssituationen, industrielle Fertigungsprozesse von Kunststoffen
- Kenntnis über die kontinuumsmechanische Beschreibung einfacher Strömungssituationen
- Überblick über charakteristische Fließphänomene komplexer Flüssigkeiten
- Kenntnis über den Zusammenhang zwischen den mikroskopischen Modellen und dem makroskopischen Fließverhalten für verschiedene Modellsysteme
- Überblick über moderne Messmethoden der Strömungsmesstechnik und Rheologie

### Inhalt

- Kontinuumsmechanische Beschreibung für einfache und komplexe Flüssigkeiten: Lagrange und Eulerformalismus, Deformationen, Spannungstensor, die Navier-Stokes-Gleichung und einfache Lösungen
- Mikroskopische Modelle verschiedener Modellsysteme wie Polymere und Kolloide.
- Spezielle Fließphänomene.
- Messmethoden wie klassische Rheologie, Dehnreologie, Mikrorheologie, rheooptische Methoden, Particle Imaging Velocimetry, Laser Doppler Anemometrie und Streuexperimente.

---

Weitere Informationen

**Literaturhinweise:**

Die Veranstaltungen folgen keinem bestimmten Lehrbuch. Zu Beginn der Veranstaltung wird unterstützende Literatur bekannt gegeben.

Folgende beispielhafte Standardwerke sind zu empfehlen:

- E. Guyon, J.P. Hulin, L. Petit, *Physical Hydrodynamics*, Oxford Univ. Press, 2000
- Ch. W. Macosko, *Rheology: Principles, Measurements, and Applications*, Verlag Wiley, 1. Auflage, 1994
- M. Doi, S. F. Edwards, *The Theory of Polymer Dynamics*, Clarendon Press, Reprint edition, 1988
- G. Marrucci, R. B. Bird, C. F. Curtiss, R. C. Armstrong, O. Hassager, *Dynamics of polymeric liquids*, Vol 1 & 2, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2nd Ed., 1987
- G.G. Fuller, *Optical Rheometry of Complex Fluids*, Oxford University Press, 1. Auflage, 1997
- M.E Cates, M.R Evans, *Soft and Fragile Matter*, Taylor & Francis 1. Auflage, 2000

Moderne Optik (Einführung in die Laserphysik und Quantenoptik)					MO
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Becher Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Optik und Atomphysik
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündl. Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	- Präsenzzeit: 60 h (4 SWS x 15 Wo.) - Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2 h/Wo x 15 Wo.) - Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60 h (4 h/Wo. x 15 Wo.)
<b>Modulnote</b>	Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden Konzepte, Methoden, Modelle sowie technischer Realisierungen und experimenteller Anwendungen der Laserphysik und Quantenoptik
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Begriffen und Resultaten mit experimentellen Ergebnissen
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

---

### Inhalt

- Elemente eines Lasers, einfache Modelle
- Licht-Materie-Wechselwirkung: klassische Dispersionstheorie
- Licht-Materie-Wechselwirkung: semiklassische Beschreibung und kohärente Effekte
- Optische Resonatoren, Gauß'sche Strahlen
- Laserdynamik, Modenselektion, spektrale Eigenschaften, Rauschen
- Überblick über Lasertypen und technische Realisierungen
- Spezielle Eigenschaften von Laserlicht: Kohärenz und Photonenstatistik
- Quantenmechanische Beschreibung des Lichtfelds, experimentelle Realisierung spezieller Lichtzustände
- Moderne Experimente der Quantenoptik

### **Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- O. Svelto, "Principles of Lasers", 4. Auflage, Springer Verlag, 1998.
- P.W. Milonni, J.H. Eberly, "Lasers", 1. Auflage, Wiley Interscience, 1989.
- D. Meschede, „Optik, Licht und Laser“, 2. Auflage, Teubner Studienbücher Physik, B.G. Teubner Verlag, 2005.
- H.-A. Bachor, T.C. Ralph, „A Guide to Experiments in Quantum Optics“, 2. Auflage, Wiley-VCH, 2004.
- R. Loudon, „The Quantum Theory of Light“, 3. Auflage, Oxford University Press, 2000.
- M. Fox, "Quantum Optics", 1. Auflage, Oxford University Press, 2006.
- C.C. Gerry, P.L. Knight, "Introductory Quantum Optics", 1. Auflage, Cambridge University Press, 2005.

Experimentelle und statistische Biologische Physik					ESBP
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2		1 Semester	4	5
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Ott			
<b>Dozent/inn/en</b>		Ott			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Bachelor			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Klausur (Ende der Vorlesungszeit) Oder mündliche Prüfung Eine Nachklausur/Prüfung findet zu Vorlesungsbeginn des Folgesemesters statt. Prüfungsvorleistung: Bearbeitung der Übungs/Seminaraufgaben			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung: 3 SWS Übung/Seminar: 1 SWS			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit: 60 h Vor- und Nachbereitung: 90 h Gesamtzeit: 150 h			
<b>Modulnote</b>		Note aus Klausur oder mündlicher Prüfung			

---

### Lernziele / Kompetenzen

Überblick über die Anwendung von Methoden der experimentellen und statistischen Physik auf ausgewählte, biologische Systeme.  
Beschreibung der wesentlichen, gegenwärtigen, experimentellen und statistischen, physikalischen Techniken und ihre Anwendungsmöglichkeiten im technisch-wissenschaftlichen Kontext erkennen.  
Überblick über die wesentlichen, aktuellen Fragestellungen der gegenwärtigen Forschung auf dem Gebiet der biologischen Physik.  
Fähigkeit, geeignete Gebiete der Lebenswissenschaften, auf denen neue, physikalische Ansätze zu biologischen Fragestellungen möglich sind, zu erkennen.

---

### Inhalt

- Experimentelle Methoden der biologischen Physik
  - Intermolekulare Kräfte
  - Biologische Transportvorgänge
  - Physikalische Aspekte der Zellmechanik und des Zytoskeletts
  - Nicht-Gaussche Verteilungen in der Biologie
  - Evolution
  - Musterbildung in der Biologie
  - Genetische Schaltkreise in vivo und in vitro
  - Massiv parallele Messungen - Mikrochips
  - Molekulare Netzwerke
-

**Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- Alberts "Molecular biology of the Cell", Taylor and Francis (neueste Auflage wenn möglich)
- Lodish "Molecular Cell Biology" Freeman (neueste Auflage wenn möglich).
- Murray „Mathematical Biology“, Springer, 3. Auflage 2007
- T. Vicsek „Fluctuations and Scaling in Biology“, Oxford Univ. Press, 1. Auflage 2001
- Originalliteratur aus Zeitschriften - wird jeweils n der Vorlesung bekannt gegeben

Einführung in die Physik weicher kondensierter Materie					WKM
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5
<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>		Jacobs, Seemann Dozent/inn/en der Experimentalphysik			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen  Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Experimentalphysik und theoretischer Physik			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Klausur oder mündliche Prüfung			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung: 3 SWS Seminar: 1 SWS			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit: (4 SWS x 15 Wochen) 60 h Vor- und Nachbereitung: Vorlesung: (2 h / Woche x 15 Wochen) 30 h Seminar: (4 h / Woche x 15 Wochen) 60 h (beinhaltet Vorbereitung Seminarvortrag und Verfassen der schriftlichen Version) Gesamtzeit: 150 h			
<b>Modulnote</b>		Prüfungsnote aus Klausur oder mündlicher Prüfung			

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden Konzepte der weichen, kondensierten Materie
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden (Rasterkraftmikroskopie, Ellipsometrie, Streumethoden etc.)
- Fähigkeit, eine experimentelle Situation im Gebiet der weichen Materie einzuschätzen und mögliche Untersuchungsmethoden vorzuschlagen
- Selbständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand aktueller Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

---

### Inhalt

- Einführung in die vorherrschenden Wechselwirkungen: intermolekulare (van der Waals-, Coulomb-) Kräfte, kurzreichweitige Kräfte
  - Beispiele aus Experiment, Theorie und Simulation (z.B. Polymere, Mizellen, Membranen, dünne Filme, Schäume),
  - Theoretische Modelle zur Beschreibung von Kettenmolekülen, Kolloiden, Schäume und Vergleich mit experimentellen Resultaten
  - Überblick über experimentelle Techniken und deren Anwendbarkeit
  - ausgewählte Probleme aus der aktuellen Forschung: z.B. Adsorption, Adhäsion, Instabilitäten, mikrofluidische Systeme
-

---

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- I.W. Hamley "Introduction to soft matter", Wiley & Sons, ISBN 978-0-47051610-2
- R.A.L. Jones "Introduction to the physics of soft matter", Oxford University Press, ISBN 978-0-19850589-1
- J. Israelachvili "Intermolecular forces", Academic Press, ISBN-978-0-12375181-2
- P.-G. de Gennes, F. Brochard-Wyart, D. Queré „Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves“, Springer, ISBN 978-0-38700592-8
- G. Gompper, M. Schick (Herausgeber) "Soft Matter" (Bände 1 – 4), Wiley-VCH,  
Bd 1: ISBN 978-3-52730500-1  
Bd 2: ISBN 978-3-52731369-3  
Bd 3: ISBN 978-3-52731370-9  
Bd 4: ISBN 978-3-52731502-4
- M. Daoud, C.Q. Williams (Herausgeber) "Soft Matter Physics", Springer, ISBN 978-3-54064852-9
- M. Kleman, O.D. Lavrentovich "Soft Matter Physics – an Introduction", Springer, ISBN 978-0-38795267-3
- D.F. Evans, H. Wennerström "The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry, Biology and Technics Meet", Wiley-VCH, ISBN 978-0-47124247-5
- P. Tabeling "Introduction to Microfluidics", Oxford University Press, ISBN 978-0-19856864-3
- J.-L. Barrat, J.-P. Hansen "Basic Concepts for Simple and Complex Liquids", Cambridge University Press, ISBN 978-0-52178953-0
- N.-T. Nguyen, S.T. Wereley "Fundamentals and Applications of Microfluidics", Artech House Publishers, ISBN 978-1-58053972-2
- H. Bruus, "Theoretical Microfluidics", Oxford University Press, ISBN 978-0-19923509-4

Nanostrukturphysik II					NSP
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Hartmann Hochschullehrer(innen) der Experimentalphysik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.

<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	mündl. Prüfung	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)	
<b>Arbeitsaufwand</b>	• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS	45 Stunden
	• Präsenzzeit Seminar 15 Wochen à 1 SWS	15 Stunden
	• Vor- und Nachbereitung	60 Stunden
	• Vorbereitung Seminarvortrag	30 Stunden
	----- Summe	150 Stunden
<b>Modulnote</b>	Note der mündlichen Prüfung	

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Breiter Überblick über die Nanostrukturforschung und die Nanotechnologie
- Vertiefende Behandlung ausgewählter Themen: Kausaler Zusammenhang zwischen Größe und physikalischen Eigenschaften, Skalierungsrelationen, quantenmechanische Grundlagen, Kräfte auf Nanometerskala, Selbstorganisation, analytische Werkzeuge, Mikro-Nano-Integration
- Vorstellung der wesentlichen Anwendungsbereiche: Nanostrukturierte Materialien, Nanopartikel, Cluster, Fullerene und Nanoröhrchen, funktionale Oberflächen, Bauelemente der Informationstechnik
- Selbstständiges Vertiefen eines ausgewählten Teilgebiets anhand vorgegebener Literatur
- Optimierung von Präsentationstechniken
- Einordnung des Gesamtgebiets im Hinblick auf grundlagenwissenschaftliche und und anwendungsorientierte Bedeutung

---

**Inhalt**

- Begriffsbestimmung und Definition des Gebietes
- Historische Entwicklung
- Interdisziplinäre Grundlagen
- Schlüsseltechniken
- Eigenschaften kondensierter Materie auf Nanometerskala
- Nanostrukturierte Materialien
- Nanostrukturierte Bauelemente
- Industrielle Anwendungen
- Sozioökonomische und ethische Begleitumstände

---

**Weitere Informationen**

Literaturhinweise:

- U. Hartmann, Nanotechnologie (Spektrum, Heidelberg, 2006)
- E. L. Wolf, Nanophysics and Nanotechnology (Wiley-VCH, Weinheim, 2004)
- M. Di Ventra, S. Evoy, J.R. Helfin Jr. (Eds.) Introduction to Nanoscale Science and Technology (Springer, New York, 2003)

Quantentheorie des Lichts					QTL
Studiensem.	Regelstudiensem. m.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Morigi Hochschullehrer(innen) der Theoretische Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Atomphysik, Theoretische Quantenphysik und Statistische Physik.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündl. Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	- Präsenzzeit: 60 h (4 SWS x 15 Wo.) - Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2 h/Wo x 15 Wo.) - Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60 h (4 h/Wo. x 15 Wo.)
<b>Modulnote</b>	Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung

---

### Lernziele / Kompetenzen

Einführung in die Methoden der Quanten Feldtheorie

Überblick über die grundlegenden Konzepte und Methoden der Quantenfeldtheorie und der Quanten-Elektrodynamik

Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur

---

### Inhalt

- Theoretische Beschreibung des quantenmechanischen wlektromagnetischen Feldes im Vakuum. Quanten Vakuum, Quantenfluktuationen.
- Atom-Photon Wechselwirkung
- Streu-Prozesse: Rayleigh, Raman, Thompson, (Compton) Streuung
- Quanten Elektrodynamische Effekte in Atomphysik: Spontane Emission, Lamb-Verschiebung, Casimir-Polder Effekt.
- Cavity-Quanten-Elektrodynamik: Purcell Effekt, Jaynes-Cummings Modell.
- Greensche Funktion zur Beschreibung der Atom-Photon Dynamik (Resolvent-Theorie)
- Anwendungen: Resonanz Fluoreszenz von Laser-getriebenen Atomen; Mechanische Effekte des Lichtes / Laser Kühlung von Atomen

### **Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- C. Cohen-Tannoudij, et al, Photons and Atoms, Wiley Ed. (1997).
- C. Cohen-Tannoudij, et al, Atom-Photon Interactions, Wiley Ed (1998).
- P.W. Milonni, The quantum vacuum, Academic Press Ed. (1994).
- J.J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, Addison-Wesley Ed. (1967).
- W. Heitler, The Quantum Theory of Radiation, Wiley Ed. (3<sup>rd</sup> ed., 1954).
- W. H. Luisell, Quantum Statistical Properties of Radiation, Wiley Ed. (1973).

Materie in elektromagnetischen Feldern					MF
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Pelster	
<b>Dozent/inn/en</b>	Pelster	
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)	
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen	
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung Prüfungsvorleistungen: Seminarvortrag mit schriftl. Ausarbeitung	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)	
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit 15 Wochen à 4 SWS <span style="float: right;">60 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung der Vorlesung, Vorbereitung des Seminarvortrags inkl. Abfassen einer schriftl. Version sowie Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> </ul>	
	----- Summe	150 Stunden
<b>Modulnote</b>	Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung	

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden Wechselwirkungen elektromagnetischer Felder mit toter und belebter Materie sowie deren technischer Anwendungen
- Überblick über aktuelle Forschungsfragen der biologischen und der technischen EMV (elektromagnetische Verträglichkeit)
- Kenntnis von Konzepten, Methoden, Modellen und Schlüsselexperimenten
- Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

---

### Inhalt

- Mikroskopische Vorgänge:  
Intermolekulare Wechselwirkungen, molekulare Dynamik, Polarisations- und Relaxationsmechanismen, Energiedissipation, ferromagnetische Resonanz, spektroskopische Verfahren
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) biologischer Systeme:  
Strahlungsquellen, Reiz- und Wärmewirkung von Feldern, SAR-Werte, Grenzwerte, spekulative Wirkungen
- Technische EMV:  
Emission und Störfestigkeit, Kopplungsmechanismen, Testumgebungen und Meßverfahren, Feldsimulationen, Radar, elektromagnetische Schirme und Absorber, elektromagnetische Tarnkappen, Metamaterialien

---

**Weitere Informationen**

**Literaturhinweise:**

Die Vorlesung folgt keinem bestimmten Lehrbuch. Zu Beginn der Veranstaltung wird unterstützende Literatur bekannt gegeben.

Nichtgleichgewichtsthermodynamik und Hydrodynamik					NGTDHD
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>1</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

**Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en** Kruse  
Kruse, Rieger, Santen  
**Zuordnung zum Curriculum** Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formalen Voraussetzungen.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Mündliche Prüfung oder Klausur  
Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.

**Lehrveranstaltungen / SWS**

- Vorlesung (3 SWS)
- Übung (1 SWS)

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit Vorlesungen  
15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden
- Präsenzzeit Übung  
15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden
- Vor- und Nachbereitung Vorlesung,  
Bearbeitung der Übungsaufgaben,  
Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 90 Stunden

-----  
Summe 150 Stunden

**Modulnote** Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen

---

### Lernziele/Kompetenzen:

- Fähigkeit, physikalische Beschreibungen von Prozessen außerhalb des thermodynamischen Gleichgewichts zu entwickeln
- Fähigkeit der Analyse komplexer Systeme
- Fähigkeit der selbständigen Lektüre aktueller Veröffentlichungen

---

### Inhalt

- Wiederholung der Thermodynamik und Statistik im Gleichgewicht
- Energiefunktionale
- Korrelations- und Antwortfunktionen
- Fluktuations-Dissipations-Theorem
- Verallgemeinerte Hydrodynamik
- Langevin-Modelle A-E
- Spinodale Entmischung
- Einfache Lösungen der Navier-Stokes Gleichung

---

**Weitere Informationen**

**Literaturhinweise:**

- H.B. Callen: Thermodynamics
- P.M. Chaikin, T.C. Lubensky: Principles of Condensed Matter Physics
- C. Vidal, G. Dewel, P. Borckmans: Au-delà de l'équilibre
- R.C. Desai, R. Kapral: Dynamics of Self-organized and Self-assembled Structures
- S.R. de Groot, P. Mazur: Non-Equilibrium Thermodynamics

Modul <b>Einführung in die Kosmologie</b>					Abk.
Studiensem. <b>5</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Sem.</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Malte HENKEL
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. Malte HENKEL (UHP Nancy I)
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht in Physik

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formale Voraussetzungen.  
Empfohlen wird: Grundkenntnisse der Physik (erste 2 Jahre)  
(*Kenntnisse der allgemeinen Relativitätstheorie werden nicht vorausgesetzt*)

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Klausur

**Lehrveranstaltungen / SWS** 3+1

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden
- Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden
- Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung

90 Stunden  
-----  
Summe 150 Stunden

**Modulnote** Note aus der Klausur

---

### Lernziele/Kompetenzen

Erwerb von Grundkenntnissen in der allgemeinen Astrophysik, der extragalaktischen Astronomie und der Kosmologie

---

### Inhalt

Wie lässt sich die globale Struktur unseres Universums verstehen? Welche physikalischen Grundlagen werden dafür benötigt, auf welchen Erfahrungen und Beobachtungen kann man dafür aufbauen? Die Vorlesung wendet sich an ein Publikum ohne spezielle Vorkenntnisse in der Astrophysik oder der Relativitätstheorie, vielmehr sollen die nötigen Grundkenntnisse im Rahmen dieser Vorlesung erst erarbeitet werden.

Wir werden daher mit einem kurzen Überblick über Methoden der astronomischen Entfernungsbestimmung beginnen und anschließend den Aufbau der Milchstraße als Grundbeispiel für die Struktur einer Galaxis besprechen. Dies führt bereits zu Fragen über Dunkle Materie, die im späteren Verlauf der Vorlesung wiederholt aufgegriffen werden. Danach, ausgehend von den grundlegenden Entdeckungen von Hubble und der kosmischen Hintergrundstrahlung von Penzias & Wilson, werden wir allgemeine kosmologische Modelle besprechen und die wesentlichen Parameter, einschließlich der kosmologischen Konstante einführen, die für eine vollständige Beschreibung notwendig sind. Die physikalische Grundlage solcher Weltmodelle ist natürlich die allgemeine Relativitätstheorie, und einige einfache kosmologische Modelle sollen durchgerechnet werden. Viele Vorhersagen solcher Modelle lassen sich heute mit neuen und präzisen Beobachtungen vergleichen. Zum Schluss der Vorlesung soll ein Ausblick auf den gegenwärtigen Stand der Forschung versucht werden.

---

---

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch (frz oder engl. auf Wunsch)

Literaturhinweise: P. Schneider, *Einführung in die extragalaktische Astronomie und Kosmologie*, Springer (Heidelberg).

---

Modul <b>Einführung in die konforme Invarianz</b>					Abk.
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 2	Turnus WS	Dauer 1 Sem	SWS 2	ECTS-Punkte 2

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Malte HENKEL

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Malte HENKEL (UHP Nancy I)

**Zuordnung zum Curriculum** Physikalische Wahlpflicht in Physik / Promotionsstudium

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formale Voraussetzungen.  
Empfohlen werden: Kenntnisse in Statistischer Mechanik und Phasenübergängen 2. Art

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Klausur

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2

**Arbeitsaufwand**

Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen a 2 SWS =	30 Stunden
Vor- und Nachbereitung Vorlesung,	
Prüfungsvorbereitung	30 Stunden
Summe	60 Stunden

**Modulnote** Aus der Klausurnote

### Lernziele/Kompetenzen

Einführung in die Ziele und Methoden der konformen Invarianz und ihre Anwendung in der physikalischen Forschung

### Inhalt

In vielen Vielkörpersystemen treten starke kollektive Effekte auf, an denen sehr viele Freiheitsgrade beteiligt sind. Phasenübergänge stellen dazu das klassische Beispiel dar und sind in zahlreichen und physikalisch sehr unterschiedlichen Situationen realisiert. Es hat sich herausgestellt, daß in solchen Fällen nicht nur eine natürliche Skaleninvarianz auftritt, sondern für hinreichend kurzreichweitige Wechselwirkungen sogar eine Erweiterung hin auf konforme Transformation erreicht werden kann.

Diese Vorlesung wendet sich an Studenten und Doktoranden, die bereits über etwas Erfahrung mit Methoden und Ergebnissen der statistischen Mechanik verfügen. Ausgehend von einer phänomenologischen Beschreibung eines klassischen Phasenübergangs durch seine kritischen Exponenten wird gezeigt, unter welchen Bedingungen eine Erweiterung der Skaleninvarianz auf eine konforme Invarianz möglich ist. Da die konforme Gruppe im Falle zweier Raumdimensionen (physikalisch in Systemen reduzierter Dimension realisiert) besonders reichhaltig ist, werden wir vor allem auf diesen Fall eingehen. Geplant ist eine systematische Einführung in die grundlegenden Methoden und Ergebnisse der zweidimensionalen konformen Invarianz, die es einem Hörer ohne Vorkenntnisse in der Quantenfeldtheorie ermöglichen soll, diese Methoden auf Probleme in der Festkörperphysik oder der kondensierten Materie anzuwenden.

Auf Wunsch kann die Vorlesung in englischer oder französischer Sprache gehalten werden.

Si souhaité, ce cours pourra être donné en français.

If so desired, this course could also be held in the langue de Shakespeare.

---

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch (frz oder engl. auf Wunsch)

Literaturhinweise:

P. di Francesco, P. Mathieu et D. Sénéchal, *Conformal field theory*, Springer (Heidelberg)  
M. Henkel, *Conformal invariance and critical phenomena*, Springer (Heidelberg)

---

Modul <b>Teilchenfallen und Laserkühlung</b>					Abk. <b>TFLK</b>
Studiensem. <b>1. oder 2.</b>	Regelstudiensem. <b>2.</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Jürgen Eschner
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse in Atomphysik, Quantenphysik und Optik.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur und/oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (3 SWS) + Übungen (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	- Präsenzzeit: 60 h (4 SWS x 15 Wo.) - Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2 h/Wo x 15 Wo.) - Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60 h (4 h/Wo. x 15 Wo.)
<b>Modulnote</b>	Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung

---

### Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden Konzepte des Themas: experimentelle Techniken und Realisierungen, theoretische Methoden und Modelle
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Modellen und experimentellen Systemen und Ergebnissen
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten; Überblick über die Anwendungen
- Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

---

### Inhalt

- Licht-Atom-Wechselwirkung
  - Mechanische Effekte des Lichts
  - Paul- und Penningfalle
  - Dipolfalle
  - Magnetische und magneto-optische Falle
  - Andere Fallentechniken
  - Laserkühlung freier Teilchen
  - Laserkühlung gefangener Teilchen
-

- 
- Spezielle Kühltechniken
  - Anwendungen: Quantenoptik, Quanteninformation, Präzisionsmessungen, Ultrakalte Materie
- 

**Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Metcalf, v.d. Straten, *Laser Cooling and Trapping*

Foot, *Atomic Physics*

Cohen-Tannoudji, Guery-Odelin, *Advances in Atomic Physics: An Overview*

spezielle Literaturquellen, insbesondere Übersichtsartikel, werden in der Veranstaltung bereitgestellt

---

Modul					Abk.
<b>Einführung in experimentelle Methoden der Bio- und Oberflächenphysik</b>					<b>EMBO</b>
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>2 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5 (oder 2x 2,5)</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Karin Jacobs	
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. Karin Jacobs Dr. Frank Müller	
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)	
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	keine formalen Voraussetzungen	
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche oder schriftliche Prüfung als Gesamt- oder Teilprüfung, Seminarvorträge zu ausgewählten Themen	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	2 SWS im SS (Teil 1, 15 Wochen, nach Vereinbarung auch en bloc) 2 SWS im WS (Teil 2, 15 Wochen, nach Vereinbarung auch en bloc)	
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit: (2 SWS x 30 Wochen)	60 h
	Vor- und Nachbereitung der Vorlesung (1 h / Woche x 30 Wochen)	30 h
	Vorbereitung des Seminarvortrags inkl. Literaturarbeit	30 h
	Prüfungsvorbereitung	30 h
	<hr/> Gesamtzeit:	150 h
<b>Modulnote</b>	Prüfungsnote aus schriftlicher oder mündlicher Prüfung	

---

### Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden experimentellen Methoden und Konzepte der kondensierten Materie (Schwerpunkt weiche Materie, Bio- und Oberflächenphysik)
- Kenntnis der Funktionsweise ausgewählter Methoden, deren Vor- und Nachteile und deren Grenzen
- Fähigkeit, sich mit neuen experimentellen Techniken vertraut zu machen und die Einsatzmöglichkeiten einzuschätzen sowie im Zusammenspiel komplementärer Methoden ein Gesamtbild zu erhalten
- Fähigkeit, für eine physikalische Fragestellung gezielt mögliche experimentelle Techniken vorzuschlagen
- Selbständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand aktueller Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

---

### Inhalt

#### Teil 1 (SS): Experimentelle Methoden der Physik weicher Materie/Biophysik

- Charakterisierung und Beschreibung von Oberflächen ohne kristalline Ordnung
- Einführung in die Probenvorbereitung zum Experimentieren in Umgebungsbedingungen
- Präparative Techniken zur Oberflächenbehandlung (z.B. Silanisierung, Thiolisierung, Mikrokontaktdruck ( $\mu$ CP), Plasmaätzen, Plasmapolymersation)
- Experimentelle Methoden der Oberflächencharakterisierung (speziell: Rasterkraftmikroskopie (AFM) in verschiedenen Modi: Kontakt- oder Tapping-Modus; AFM-Verfahren zur Bestimmung von Elastizität, Adhäsion und Reibung; Ellipsometrie, Plasmonenresonanzspektroskopie,

---

Kontaktwinkelmessungen, Fluoreszenzmikroskopie und weitere optische Verfahren)

- Viele der vorgestellten Methoden werden am Beispiel von Polymerfilmen oder Biofilmen (Proteine, Bakterien) eingeführt und können im Labor besichtigt und sogar ausprobiert werden.

### **Teil 2 (WS): Experimentelle Methoden der Physik der Oberflächenphysik/Festkörperphysik**

- Charakterisierung und Beschreibung von Oberflächen
  - Einführung in die Vakuumtechnologie (Vakuumerzeugung, Druckmessung)
  - Präparative Techniken zur Oberflächenbehandlung (CVD, PVD, Ionenstrahlätzen)
  - Experimentelle Methoden der Oberflächencharakterisierung, wie ortsabbildende Methoden (STM, SEM), Streumethoden (z.B. LEED, XPD, XRD), spektroskopische Methoden (z.B. XPS, UPS, EELS).
- Viele der vorgestellten Methoden werden am Beispiel des Graphens oder an Materialien vertieft werden, die für technische Zwecke - auch in der Biophysik - Verwendung finden.

---

Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch

Literaturhinweise:

Teil 1:

- B. Bushan "Handbook of Nanotechnology", Springer, ISBN 3-540-01218-4
- I. N. Serdyuk "Methods in Molecular Biophysics", Cambridge, ISBN 0-521-81524-X
- I.W. Hamley "Introduction to Soft Matter", Wiley & Sons, ISBN 978-0-47051610-2
- R.A.L. Jones "Introduction to the Physics of Soft Matter", Oxford University Press, ISBN 978-0-19850589-1

Teil 2:

- Ertl/Küppers „Low energy electrons and Surface Chemistry“, VCH Weinheim, ISBN 3-527-26056-0
- Henzler/Göpel „Oberflächenphysik des Festkörpers“, Teubner, ISBN 3-519-13047-5
- Ashcroft/Mermin „Festkörperphysik“, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, ISBN 978-3-486-58273-4
- Kopitzki “Einführung in die Festkörperphysik”, Teubner, ISBN 3-519-43083-5

Modul <b>Allgemeine Relativitätstheorie / Relativité générale</b>					Abk. <b>RG</b>
Studiensem. <b>1</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

**Modulverantwortlicher** Henkel

**Dozent** Henkel

**Zuordnung zum Curriculum** Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formale Voraussetzungen

**Leistungskontrollen / Prüfungen** mündliche Prüfung oder Klausur,  
Teilnahmevoraussetzung: **regelmäßige Teilnahme an den  
Übungen und regelmäßige Bearbeitung der Übungsaufgaben**

**Lehrveranstaltungen / SWS** Vorlesung 2 SWS  
Übungen 1 SWS

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden
- Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden
- Vor- und Nachbereitung Vorlesung,  
Bearbeitung der Übungsaufgaben,  
Klausur- oder Prüfungsvorbereitung

90 Stunden  
-----  
Summe 150 Stunden

**Modulnote** Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung

---

### Lernziele/Kompetenzen

Einführung in Grundlagen, Konzepte und Rechentechniken der allgemeinen Relativitätstheorie, Verständnis der behandelten physikalischen Fragestellungen, Methoden und Ergebnisse.

---

### Inhalt

Konzeptuelle Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, allgemeine Kovarianz, Techniken der Tensorrechnung, experimentelle Prüfungen und Ausblick auf neue Forschungen.

---

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: german (if necessary, english is also possible, l'enseignant est particulièrement ouvert aux besoins des étudiants francophones)

Literaturhinweise: Lehrbücher der allgemeinen Relativitätstheorie.

Nanomechanik					Abk. NM
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus SS	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Bennewitz
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik und Festkörperphysik
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	- Präsenzzeit: 60 h (4 SWS x 15 Wo.) - Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2 h/Wo x 15 Wo.) - Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60 h (4 h/Wo. x 15 Wo.)
<b>Modulnote</b>	Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung

#### Lernziele/Kompetenzen

Überblick über grundlegende Konzepte, experimentelle Methoden, sowie neuere Ergebnisse im Bereich der mechanischen Eigenschaften von Strukturen mit Abmessungen auf der Nanometerskala. Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Begriffen und Resultaten mit experimentellen Ergebnissen  
Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden  
Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur  
Einüben von Präsentationstechniken

#### Inhalt

Grundlagen der Beziehung zwischen atomarer Struktur und mechanischen Eigenschaften  
Mechanisches Verhalten einzelner Makromoleküle  
Plastizität von Nanodrähten  
Quantisierte Schwingungen von mikroskopischen Balken  
Reibungsphänomene auf atomarer Skala  
Weitere aktuelle Forschungsarbeiten zur Nanomechanik

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Auf gemeinsamen Wunsch aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer kann die Vorlesung in englischer Sprache gehalten werden.  
Literaturhinweise:  
Andrew N. Cleland: Foundations of Nanomechanics, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003

Modul <b>Auszüge aus experimenteller und theoretischer Biophysik</b>					Abk.
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

Modulverantwortliche/r Björn Nadrowski

**Dozent/inn/en** Björn Nadrowski

**Zuordnung zum Curriculum** Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formale Voraussetzungen

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Seminar am Ende der Vorlesung und eventuell mündliche Prüfung  
 Prüfungsvorleistung: (Erfolgreiches) Bearbeiten der Übungsblätter

**Lehrveranstaltungen / SWS** Vorlesung: 3 SWS  
 Übung: 1 SWS

**Arbeitsaufwand** Präsenzzeit: 60 h  
 Vor/Nachbereitungszeit: 90 h  
 Gesamtzeit: 150 h

**Modulnote** Note aus Seminar und Übungsaufgaben, und evtl, mündlicher Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über die Anwendung von Methoden der experimentellen und statistische Physik sowie der Theorie nichtlinearer Dynamik und der Theorie stochastischer Systeme auf ausgewählte, biologische Systeme.
- Überblick über gegenwärtige Methoden (experimentell, physikalisch/mathematisch) der biologischen Physik, Vertiefung von Teilbereichen.
- Vertiefende Einsicht in einige Teilbereiche der aktuellen physikalisch/biologischen Forschung
- Fähigkeit, geeignete Gebiete der Lebenswissenschaften, auf denen neue, physikalische Ansätze zu biologischen Fragestellungen möglich sind, zu erkennen.

Inhalt

- Physik des aktiven Hörens in Vertebraten und Insekten
- Einige experimentelle Methoden der biologischen Physik
- Einführung in die Lösung bzw. numerische Integration/Simulation von stochastischen, gewöhnlichen, und partiellen Differentialgleichungen
- Nervenleitung
- Stochastische Systeme
- Zytoskelett, molekulare Motoren, Zellbewegung

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch, je nach Bedarf

Literaturhinweise:

- 
- Breckow, Greinert: Biophysik: eine Einführung
  - Tamás Vicsek: fluctuations and scaling in biology
  - David Boal: mechanics of the cell
  - Steven Strogatz: Nonlinear Dynamics and chaos
  - Jonathan Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton
  - Gardiner: Handbook of stochastic methods
  - Van Kampen: stochastic processes in physics and chemistry
  - James Pickles: Introduction to the physiology of hearing
  - Howard Berg: Random walks in Biology
  - David Roberts: Signals and Perception
  - Philip Nelson: Biological Physics – Energy, Information, Life
  - Sackmann, Merkel: Lehrbuch der Biophysik
  - Bruce Alberts: Molecular Biology of the cell
  - Uri Alon: An introduction to systems biology

Modul <b>Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung</b>					Abk. <b>QIV</b>
Studiensem. <b>1. oder 2.</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Sem</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

Modulverantwortliche/r

**Wilhelm-Mauch**

**Dozent/inn/en**

Wilhelm-Mauch, Morigi

**Zuordnung zum Curriculum**

Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)

**Zulassungsvoraussetzungen**

Keine formalen Voraussetzungen

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

Mündliche Prüfung oder Klausur  
 Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.

**Lehrveranstaltungen / SWS**

3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung

**Arbeitsaufwand**

• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS	45 Stunden
Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS	15 Stunden
• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	90 Stunden
Summe	150 Stunden

**Modulnote**

Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen  
 Prüfungen

---

Lernziele/Kompetenzen

Verständnis wichtiger Quantenalgorithmen und –protokolle  
 Fähigkeit zur Analyse und Beschreibung der Dynamik offener Quantensysteme sowie der zugehörigen Fehlerkorrektur  
 Fähigkeit zur Analyse von Kandidaten zur physikalischen Realisierung von Quantencomputern  
 Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

---

Inhalt

Struktur der Quantentheorie unter Informationsgesichtspunkten, Verschränkung, gemischte Zustände  
 Elementare quantenmechanische Logikgatter und Algorithmen  
 Quantenteleportation und Quantenkommunikation  
 Offene Quantensysteme, Quantenkanäle, Theorie der Quantenfehlerkorrektur  
 Elementare Theorie der Quantenmessung  
 Ausgewählte Kandidaten für die physikalische Realisierung von Quantencomputern

---

Weitere Informationen : Kann nach Absprache mit Dozent(in) auch von MuN Studierenden belegt werden, die mindestens TP III oder vergleichbar bestanden haben.

Unterrichtssprache: deutsch oder englisch

Literaturhinweise:

J. Stolze, D. Suter: Quantum Computing

P. Kaye, R. Laflamme, M. Mosca: An Introduction to Quantum Computing

G. Benentii, G. Casati, G. Strini: Principles of Quantum Computation and Information (Vol. I+II)

M. Nielsen, I. Chuang: Quantum Computation and Quantum Information

M. Nakahara, T. Ohmi: Quantum Computing from Linear Algebra to Physical Realizations

N.D. Mermin: Quantum Computer Science: An Introduction

Modul <b>Optik für Fortgeschrittene – Advanced Optics</b>					Abk.
Studiensem. <b>1,3</b>	Regelstudiensem. <b>4</b>	Turnus <b>Wintersemester</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortlicher</b>	<b>Dr. rer. nat. Martin Straub</b>
<b>Dozent</b>	<b>Dr. rer. nat. Martin Straub</b>
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht-Lehrveranstaltung für Masterstudenten der Physik
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formale Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3 SWS Vorlesung, 1 SWS Seminar
<b>Arbeitsaufwand</b>	45h Vorlesung, 50h Vor- und Nachbereitung, 15h Seminar, 40h Vorbereitung des Seminarvortrags
<b>Modulnote</b>	Note der Prüfung

### Lernziele/Kompetenzen

Vertiefte Kenntnisse in den folgenden Bereichen:

- Licht-Materie Wechselwirkung
- Design und Eigenschaften moderner optischer Systeme und Komponenten
- Fourier-Methoden in der Optik
- Hochauflösende optische Mikroskopie
- Optische Lithographie, optische Nanostrukturierung, Mikro- und Nanooptik

Einen besonderen Schwerpunkt bildet die nichtlineare Optik und ihre Anwendungen:

- Lichterzeugung und –ausbreitung in nichtlinearen Medien
- Nichtlinear-optische Spektroskopie
- Optisch-induzierte transiente und stationäre Materialveränderungen
- Nichtlineare Optik von Oberflächen, in Wellenleitern und in Plasmen

### Inhalt

- Lichtausbreitung in Materie
- Polarisation, Dichroismus und Doppelbrechung, Matrizenmethoden: Jones- und Müllermatrizen
- Optische Komponenten und Systeme:  
Adaptive Optik, dicke Linsen, Strahlverlaufsrechnung, Aberrationen, Emitter und Detektoren
- Fourier-Optik und Kohärenztheorie
- Lithographie, Holographie; Optische Nanostrukturierung, Mikro-, Nano- und integrierte Optik
- Nichtlineare Optik I: Wellenausbreitung in nichtlinearen Medien, nichtlineare Suszeptibilitäten
- Nichtlineare Optik II: Electro- und magneto-optische Effekte, optische Frequenzverdopplung, Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, parametrische Verstärkung und Oszillation
- Nichtlineare Optik III: Stimulierter Ramaneffekt, Zwei-Photonen-Absorption, Spektroskopie
- Nichtlineare Optik IV: Kerr-Effekte, Selbstfokussierung und –phasenmodulation
- Nichtlineare Optik V: Transiente optische Effekte, starke Licht-Materie-Wechselwirkung, Laserisotopentrennung, nichtlineare Optik von Oberflächen, in Wellenleitern und Plasmen

Weitere Informationen: Vorlesungsfolien in englischer Sprache

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise: [1] E. Hecht: Optics, 5th ed., Addison Wesley, 2002. [2] Y. R. Shen, The Principles of Nonlinear Optics, Wiley, 2003.

Modul <b>Technische und moderne Optik</b>					Abk.
Studiensem. <b>7 oder 8</b>	Regelstudiensem. <b>7 oder 8</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Ott								
<b>Dozent/inn/en</b>	Ott								
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflichtfach (Master)								
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Elektrodynamik und Optik (entsprechend den Modulen EP II / EPIII)								
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündlich oder schriftlich Prüfung am Ende der Veranstaltung Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag mit abschließender mündl. Prüfung								
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3 V + 1 Ü = 4SWS								
<b>Arbeitsaufwand</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS</td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">45 Stunden</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS</td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">15 Stunden</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">• Vor- und Nachbereitung Vorlesung,, Bearbeitung der Übungsaufgaben,, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">90 Stunden</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Summe</td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">----- 150 Stunden</td> </tr> </table>	• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS	45 Stunden	• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS	15 Stunden	• Vor- und Nachbereitung Vorlesung,, Bearbeitung der Übungsaufgaben,, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	90 Stunden	Summe	----- 150 Stunden
• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS	45 Stunden								
• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS	15 Stunden								
• Vor- und Nachbereitung Vorlesung,, Bearbeitung der Übungsaufgaben,, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	90 Stunden								
Summe	----- 150 Stunden								
<b>Modulnote</b>	Ergebnis der Prüfung								

### Lernziele/Kompetenzen

Beherrschen der theoretischen Grundlagen von optischen Systemen (Kohärenz, Interferenz, Polarisation, Reflexion, Brechung, Fourieroptik, Abbildungen, optische Moden)

Kenntnis und Verständnis von wichtigen optischen Anwendungen und ihrer physikalischen Grenzen (z.B. Interferometer, optische Fasern, Strahlungsquellen, optische Korrelatoren u.ä.)

### Inhalt

Maxwellgleichungen, Reflexion und Brechung, Beugung, Fourier Optik, Faseroptik, Interferenz und Kohärenz (ausgewählte Kapitel zu Anwendungen), Optische Elemente, Ausgewählte Kapitel und Anwendungen

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

### Literaturhinweise:

- Optics, Hecht, Addison Wesley
- Technische Optik: Grundlagen und Anwendungen, Schröder / Treiber, Vogel Media
- Principles of Optics, Born/Wolf, Cambridge University Press
- Introduction to Optics, Pedrotti, Addison Wesley

Einführung in die Hydrodynamik					EHYD
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>1</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Kruse Kruse, Rieger, Santen
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung (3 SWS)</li> <li>• Übung (1 SWS)</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS <span style="float: right;">45 Stunden</span></li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">15 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> </ul> <p>-----</p> <p style="text-align: right;">Summe <span style="float: right;">150 Stunden</span></p>
<b>Modulnote</b>	Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen

---

**Lernziele/Kompetenzen:**

- Fähigkeit, physikalische Beschreibungen von Prozessen außerhalb des thermodynamischen Gleichgewichts zu entwickeln
- Fähigkeit der Analyse komplexer Systeme
- Fähigkeit der selbständigen Lektüre aktueller Veröffentlichungen aus dem Bereich der Hydrodynamik

---

**Inhalt**

- Ideale Fluide
- Wellen in fluiden Medien
- Viskose Fluide
- Exakte Lösungen der Navier-Stokes-Gleichung
- Turbulenz

---

**Weitere Informationen**

**Literaturhinweise:**

- L.D. Landau, E.M. Lifshitz: Hydrodynamik
- P.M. Chaikin, T.C. Lubensky: Principles of Condensed Matter Physics

Phasenumwandlungen und Kinetik in fester Materie					PhaKi
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Birringer
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Experimentalphysik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Thermodynamik und statistischer Physik
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (3SWS) Seminar (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit: 60h (4SWS x 15 Wo.) Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2h/Wo x 15 Wo) Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60h (4h/Wo x 15 Wo)
<b>Modulnote</b>	Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung

### Lernziele/Kompetenzen

Überblick über prototypische Konzepte und Modelle zur Beschreibung von Phasenumwandlungen bzw. Phasenübergängen wie auch Methoden zur experimentellen Untersuchung von Phasenumwandlungen und kinetischen Prozessen

Herstellung des Zusammenhangs zwischen theoretischen Konzepten und Modellen mit der experimentellen Realität

Selbständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebietes anhand vorgegebener Literatur

Einüben von Präsentationstechniken

### Inhalt

Phasenstabilität, empirische Transformationskinetik, Nukleation, diffusive Umwandlungen, spinodale Entmischung, martensitische Umwandlungen, Vergrößerungs- und Wachstumsphänomene

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- A. K. Jena, M. C. Chaturvedi „Phase transformations in materials“ Prentice Hall, 1992
- M. Hillert “Phase equilibria, phase diagrams and phase transformations” Cambridge University Press 1998
- D. A. Porter, K. E. Easterling „Phase transformations in metals and alloys“ Van Nostrand Reinhold, 1983
- R. W. Balluffi, S. M. Allen, W. C. Carter “Kinetics of Materials”, Wiley, 2005

Experimentalphysik V					EP V
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 und 2	2	jährlich	2 Semester	6	8

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Wichert/Becher 1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik oder Technischen Physik 1 studentischer Betreuer pro Übungsgruppe
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen sind grundlegende Kenntnisse in Festkörperphysik (Experimentalphysik IVa) und in Optik und Atomphysik (Experimentalphysik III)
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Vorlesung mit Übung: Jeweils eine benotete Klausur oder mündliche Prüfung für beide Vorlesungen. Teilnahmevoraussetzung: jeweils erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen zu beiden Vorlesungen.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung „Experimentalphysik Vb“ (Festkörperphysik II) 2 SWS</li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 1 SWS</li> <li>• Vorlesung „Experimentalphysik Va“ (Atom- und Molekülphysik) 2 SWS</li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 1 SWS</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>„Experimentalphysik Va/Vb“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesung 2x15 Wochen à 2 SWS 60 Stunden</li> <li>• Präsenzzeit Übung 2x15 Wochen à 1 SWS 30 Stunden</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 150 Stunden</li> </ul> <p style="text-align: right;">----- Summe 240 Stunden</p>
<b>Modulnote</b>	Note der Klausur bzw. der mündlichen Prüfung

---

**Lernziele/ Kompetenzen:**

- Erwerb von fortgeschrittenen Kenntnissen zur Festkörperphysik
- Erwerb von fortgeschrittenen Kenntnissen zur Atom- und Molekülphysik
- Vermittlung eines Überblicks der modernen Anwendungen und Probleme
- Vermittlung wissenschaftlicher Methodik, insbesondere der Fähigkeit, einschlägige Probleme quantitativ mittels mathematischer Formalismen zu behandeln und selbständig zu lösen
- Kennenlernen von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Einüben fortgeschrittener Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, insbesondere der Fähigkeit, physikalischer Problemstellungen durch Anwendung mathematischer Formalismen und Nutzung der wissenschaftlichen Literatur („Reading Class“) selbständig zu lösen

---

**Inhalt**

Vorlesung Experimentalphysik Vb (Festkörperphysik II)

- Metalle
- Fermi-Flächen
- Halbleiter
- Dielektrische Eigenschaften
- Magnetismus
- Supraleitung
- Moderne experimentelle Methoden der Festkörperphysik

Vorlesung Experimentalphysik Va (Atom- und Molekülphysik)

- Mehrelektronenatome
- Aufbau des Periodensystems
- Kernspin und Hyperfeinstruktur
- Spektren komplexer Atome
- Moderne experimentelle Methoden der Atomphysik
- Einführung in die Molekülphysik: Struktur und Bindung, Molekülspektren

---

**Weitere Informationen**

Inhaltlich wird auf die Module EP I, EP II, EP III, EP IV aufgebaut.

**Literaturhinweise:**

- Haken, Wolf: Atom- und Quantenphysik
- Mayer-Kuckuk: Atomphysik
- Bransden: Physics of Atoms and Molecules
- Foot: Atomic Physics
- Demtröder: Molekülphysik
- Kittel: Festkörperphysik
- Ashcroft, Mermin: Solid State Physics
- Kopitzi, Herzog: Einführung in die Festkörperphysik
- Ibach, Lüth: Festkörperphysik

Theoretische Physik V – Fortgeschrittene Konzepte der Quantenphysik					TP V
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	Jährlich (SS)	1 Semester	6	8

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Santen
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Theoretischen Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (4 SWS) Übung (2 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	60 h Präsenzzeit für die Vorlesung 30 h Präsenzzeit für die Übungen 150 h Selbststudium (Vor- und Nachbearbeitung, Bearbeitung von Übungen, Klausurvorbereitung) = insgesamt 240 h
<b>Modulnote</b>	Aus der Klausurnote

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Erlernen der Methoden zur theoretischen Beschreibung und Analyse von quantenmechanischen Vielteilchensystemen
- Verständnis der wichtigsten physikalischen Phänomene in Systemen mit einer makroskopischen Anzahl wechselwirkender Teilchen
- Beherrschung der grundlegenden Konzepte von Quantenstatistik und relativistischer Quantenmechanik, sowie von Phasenübergängen und Nichtgleichgewichts-Physik
- Anschluss an die aktuelle Forschung in der theoretischen Physik

---

### Inhalt

- Pfadintegrale
- Zweite Quantisierung: Bosonen, Fermionen und Feldoperatoren
- Fluktuationen und Response
- Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon Gleichung, Dirac-Gleichung
- Ginzburg-Landau-Theorie, Renormierungsgruppe
- Statistische Physik des Nichtgleichgewichts

---

### Weitere Informationen

#### Literatur:

- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik 2, de Gruyter, 1998
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/2, Springer, 2003
- F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene, Springer, 2005
- F. Schwabl, Statistische Mechanik, Springer, 2006
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 7, Springer, 2005
- R.P. Feynman, Statistical Mechanics, Perseus Books, 1998
- M. LeBellac, F. Mortessagne, G.G. Batrouni, Equilibrium and Non-Equilibrium Thermodynamics, Cambridge University Press, 2004

Seminar					SEM
Seminar in Experimentalphysik od. Theoretisch-Physikalisches Seminar					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2	WS & SS	1 Semester	2	4

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Studiendekan/in bzw. Studienbeauftragte/r der Physik Dozenten der Physik		
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Übersichtsvortrag zu einem aktuellen Forschungsgebiet		
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Seminar (2 SWS), max. Gruppengröße 15		
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit		30 Stunden
	Vorbereitung des Vortrags, Literaturstudium		90 Stunden
			-----
	Summe		120 Stunden
<b>Modulnote</b>	Keine		

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Selbständige Erarbeitung von Originalliteratur
- Fähigkeit zur didaktischen Aufbereitung von Forschungsarbeiten
- Präsentationstraining

---

### Inhalt

- Vorträge zu thematisch zusammenhängenden Fragestellungen aktueller Forschungsgebiete
- Vertiefung ausgewählter Teilgebiete aus den physikalischen Wahlpflichtvorlesungen

Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene					FP II
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	SS	1 Semester	6	12

**Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en** Birringer, Hartmann  
1 Praktikumsleiter  
1 studentischer Betreuer pro Praktikumsgruppe

**Zuordnung zum Curriculum** Pflicht

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formalen Voraussetzungen.

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Für jeden Versuch: Eingangsgespräch mit Versuchsleiter, Durchführung und Protokollierung der Versuche, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit Versuchsleiter;
- Vortrag in einem Blockseminar am Ende des Praktikumssemesters

**Lehrveranstaltungen / SWS** Phys. Praktikum für Fortgeschrittene (Gruppengröße: 2) 6 SWS

**Arbeitsaufwand** Phys. Praktikum für Fortgeschrittene, Durchführung der Versuche 68 Stunden  
Vorbereitung und Auswertung 256 Stunden

Blockseminar 5 Stunden

Vorbereitung eines Vortrags über einen durchgeführten Versuch 25 Stunden

Summe 360 Stunden

**Modulnote** Unbenotet

### Lernziele/Kompetenzen

- Vertiefung des Verständnisses ausgewählter physikalischer Konzepte und Theorien durch das Experiment.
- Erwerb von umfassenden Kenntnissen und Kompetenzen im Umgang mit modernen und anspruchsvollen experimentellen Techniken und Messmethoden.
- Arbeiten mit modernen Instrumenten und Erlernen der Anwendung moderner Instrumente und Messverfahren zur Durchführung verlässlicher Messungen sowie der Anwendung und Programmierung von PCs zur Steuerung und Datenerfassung.
- Qualifizierung zum Arbeiten mit wissenschaftlichen Apparaturen, wie sie auch in der aktuellen Forschung eingesetzt werden.

### Inhalt

- Durchführung von 5 Versuchen aus dem Bereich der Atom-, Kern- oder Festkörperphysik: z.B. Mößbauereffekt, Elektronenmikroskopie, Röntgenbeugung, Magnetismus, Infrarotspektroskopie, SQUID, Supraleitung, Photolumineszenz, Magnetische Domänen
- Vortrag über einen der durchgeführten Versuche am Ende des Semesters im Rahmen eines Blockseminars

---

**Weitere Informationen**

**Allgemeines:**

Fortgeschrittenenpraktikum: Eine aktuelle Liste der zur Verfügung stehenden Versuche sowie allgemeine Informationen finden sich unter <http://www.uni-saarland.de/fak7/FP-Physik/>

**Anmeldung:**

Eine Anmeldung bei den Praktikumsleitern ist jeweils zu Semesterbeginn erforderlich (für das Fortgeschrittenenpraktikum unter <http://www.uni-saarland.de/fak7/FP-Physik/> )

Forschungsseminar					FS
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
3	3	WS&SS	1 Semester	10	15

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Studiendekan/in bzw. Studienbeauftragte/r der Physik Dozenten der Physik		
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Erwerb von mindestens 52 CPs; erfolgreicher Abschluss der Module „Experimentalphysik V“ und „Theoretische Physik V“		
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Präsentation von wissenschaftlichen Artikeln aus dem Themengebiet der Master-Arbeit		
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Seminar (2 SWS), max. Gruppengröße 15		
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit		30 Stunden
	Vorbereitung des Vortrags, Literaturstudium		420 Stunden
			-----
	Summe		450 Stunden
<b>Modulnote</b>	keine		

---

#### Lernziele / Kompetenzen

- Befähigung zum eigenständigen wiss. Arbeiten in definiertem Rahmen.
- Planung und eigenständigen Durchführung von definierten Forschungsprojekten
- Erstellung von Projektdokumentationen, die die notwendigen Information zur Reproduktion der erzielten Ergebnisse enthalten

---

#### Inhalt

- Anleitung zur systematischen Literaturrecherche im Hinblick auf die Master-Arbeit
- Entwicklung einer Projektskizze und Ablaufplans des Masterprojekts unter Anleitung eines Dozenten der Physik
- Anleitung zur sachgerechten Dokumentation des Projektverlaufs

**Laborprojekt**

Laborprojekt					LP
Studiensem. <b>3</b>	Regelstudiensem. <b>3</b>	Turnus <b>WS &amp; SS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS	ECTS-Punkte <b>15</b>

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Studiendekan/in bzw. Studienbeauftragte/r der Physik Dozenten der Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Erwerb von mindestens 52 CPs; erfolgreicher Abschluss der Module „Experimentalphysik V“ und „Theoretische Physik V“
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Anfertigung eines Abschlussberichts
<b>Lehrveranstaltungen / SWS Arbeitsaufwand</b>	Blockveranstaltung: 10 Wochen mit täglich ca. 8 Stunden Bearbeitung der Fragestellung und Anfertigung des Berichts: 450 Stunden
<b>Modulnote</b>	keine

---

**Lernziele / Kompetenzen**

- Heranführung an die selbstständige Durchführung von wissenschaftlichen Projekten
- Zur Anfertigung der Master-Arbeit erforderliche wissenschaftliche Methoden in praktischer Anwendung durchführen können.

---

**Inhalt**

- Einarbeitung in die Methodik der Master-Arbeit
- Vorbereitung auf die Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragestellung der Master-Arbeit

Master-Arbeit					MA
Studiensem. <b>4</b>	Regelstudiensem. <b>4</b>	Turnus <b>WS &amp; SS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS	ECTS-Punkte <b>30</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Studiendekan/in bzw. Studienbeauftragte/r der Physik	
<b>Dozent/inn/en</b>	Dozenten der Physik	
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht	
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Gemäß Paragraph „Zulassung zur Master-Arbeit“ in der jeweils gültigen Fassung der Prüfungsordnung	
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anfertigung Master-Arbeit</li> <li>• Wissenschaftlicher Vortrag und Kolloquium über den Inhalt der Masterarbeit</li> </ul>	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		
<b>Arbeitsaufwand</b>	Planung und Durchführung des Forschungsprojekts, Dokumentation des Projektverlaufs und Anfertigung der Master-Arbeit in einem Zeitraum von 23 Wochen	
	-----	
	Insgesamt	900 Stunden
<b>Modulnote</b>	Aus der Beurteilung der Master-Arbeit	

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Befähigung zum eigenständigen wissenschaftlichen Arbeiten auf definierten Gebieten.
- Planung und eigenständigen Durchführung von Forschungsprojekten in definiertem Rahmen.
- Erstellung von Projektdokumentationen, die die notwendigen Informationen zur Reproduktion der erzielten Ergebnisse enthalten
- Schriftliche Präsentation von Forschungsergebnissen in wissenschaftlicher Sprache

---

### Inhalt

- Durchführung eines Projekts zu einer aktuellen Forschungsthematik in einer Arbeitsgruppe der Fachrichtungen der Physik unter Anleitung eines Hochschullehrers.
- Anfertigung der Master-Arbeit.