

Modulhandbuch

für den Master-Studiengang Physik

Mit Modulbeschreibungen zu Veranstaltungen für den Master-Studiengang
Physik vom 06. Juni 2019

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

Studien- abschnitt	Titel	Modulverantwortlich	ECTS
Pflichtveranstaltungen			
1.-2. Sem.	Experimentalphysik V	Becher	8
1.-2. Sem.	Seminar	ProfessorInnen der Physik	4
1. Sem.	Phys. Praktikum für Fortgeschrittene IIa	Eschner	7
3. Sem.	Laborprojekt	ProfessorInnen der Physik	15
3. Sem.	Forschungsseminar	ProfessorInnen der Physik	15
4. Sem.	Master-Arbeit	ProfessorInnen der Physik	30

Vertiefungsbereich			
1.-2. Sem.	Theoretische Physik V	Santen	8 (4)
2. Sem.	Phys. Praktikum für Fortgeschrittene IIb	Eschner	4

Physikalische Wahlpflicht			
1.-2. Sem.	Physikalische Wahlpflicht	DozentInnen der Physik	15
1.-2. Sem.	Allgemeine Relativitätstheorie	Henkel	5
1.-2. Sem.	Allgemeine Relativitätstheorie	Santen	3
1.-2. Sem.	Computational Molecular Biophysics	Hub	5
1.-2. Sem.	Computerphysik	Rieger	5
1.-2. Sem.	Einführung in die experimentellen Methoden der Bio- und Oberflächenphysik	Jacobs	2,5 (x2)
1.-2. Sem.	Einführung in die konforme Invarianz	Henkel	2
1.-2. Sem.	Einführung in die Kosmologie	Henkel	5
1.-2. Sem.	Einführung in die Physik weicher kondensierter Materie	Jacobs/Seemann	5
1.-2. Sem.	Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung	Wilhelm-Mauch	5
1.-2. Sem.	Elektronenmikroskopie	De Jonge	5
1.-2. Sem.	Experimentelle und statistische Biologische Physik (Experimentelle Biophysik)	Ott	5
1.-2. Sem.	Kapillarität und Benetzungphänomene	Seemann	5
1.-2. Sem.	Materie in elektromagnetischen Feldern	Pelster	5
1.-2. Sem.	Moderne Optik	Becher	5
1.-2. Sem.	Nanomechanik	Bennewitz	5
1.-2. Sem.	Nanostrukturphysik II	Hartmann	5
1.-2. Sem.	Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung	Wagner	5
1.-2. Sem.	Phasenübergänge 2. Art und kritische Phänomene	Henkel	3
1.-2. Sem.	Quantentheorie des Lichts	Morigi	5
1.-2. Sem.	Quantum Optics with Ultracold Atoms	Morigi	5
1.-2. Sem.	Rheologie und Strömungsdynamik komplexer Flüssigkeiten	Wagner	5
1.-2. Sem.	Stochastic Processes	Santen	5
1.-2. Sem.	Technische und Moderne Optik	Ott	5
1.-2. Sem.	Teilchenfallen und Laserkühlung	Eschner	5
1.-2. Sem.	Theoretische Biophysik	Hub	5
1.-2. Sem.	Theoretische Physik für Quantentechnologien	Wilhelm-Mauch, Morigi	5
1.-2. Sem.	Optik für Fortgeschrittene – Advanced Optics	Straub	5
1.-2. Sem.	Nichtlineare Optik	Straub	5
1.-2. Sem.	Angewandte Optik und Photonik	Straub	5

Nicht-Physikalische Wahlpflicht			
1.-2. Sem.	Nicht-physikalische Wahlpflicht		18
1.-2. Sem.	Programmierung I	Smolka	9
1.-2. Sem.	Programmierung II	Hack	9
1.-2. Sem.	Image Processing and Computer Vision	Weickert	9
1.-2. Sem.	Partielle Differentialgleichungen	Fuchs	9
1.-2. Sem.	Variationsrechnung	Fuchs	9
1.-2. Sem.	Funktionalanalysis I	Eschmeier	9
1.-2. Sem.	Grundlagen der Materialchemie (,Vorlesung + Seminar' und Praktikum)	Kickelbick	3,5 und 2,5
1. Sem.	Objektorientierte Sprachen und generische Programmierung (ITG 2)	Hoffmann	9
2. Sem.	Digitalelektronik und digitales Schaltungsdesign (ITG 3)	Hoffmann	9
1.-2. Sem.	Nanobiomaterialien	Arzt	6

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

Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en	Becher 1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 studentischer Betreuer pro Übungsgruppe
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen sind grundlegende Kenntnisse in Festkörperphysik (Experimentalphysik IVa) und in Optik und Atomphysik (Experimentalphysik III)
Leistungskontrollen / Prüfungen	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.
Lehrveranstaltungen / SWS	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung „Experimentalphysik Vb“ (Festkörperphysik II) 2 SWS • Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 1 SWS • Vorlesung „Experimentalphysik Va“ (Atom- und Molekülphysik) 2 SWS • Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 1 SWS
Arbeitsaufwand	<p>„Experimentalphysik Va/Vb“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesung 2x15 Wochen à 2 SWS 60 Stunden • Präsenzzeit Übung 2x15 Wochen à 1 SWS 30 Stunden • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 150 Stunden <p style="text-align: right;">----- Summe 240 Stunden</p>
Modulnote	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.

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

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
-

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

Modulverantwortliche/r	ProfessorInnen der Physik		
Dozent/inn/en	DozentInnen der Physik		
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Leistungskontrollen / Prüfungen	Übersichtsvortrag zu einem aktuellen Forschungsgebiet		
Lehrveranstaltungen / SWS	Seminar (2 SWS), max. Gruppengröße 15		
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit		30 Stunden
	Vorbereitung des Vortrags, Literaturstudium		90 Stunden

	Summe		120 Stunden
Modulnote	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

Weitere Informationen:

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene IIa					FP IIa
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	1	WS	1 Semester	4	7
Modulverantwortliche/r		Eschner			
Dozent/inn/en		1 Praktikumsleiter 1 studentischer Betreuer pro Praktikumsgruppe			
Zuordnung zum Curriculum		Pflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen.			
Leistungskontrollen / Prüfungen		<ul style="list-style-type: none"> Für jeden Versuch: Eingangsgespräch mit Versuchsbetreuer, Durchführung und Protokollierung der Versuche, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit Versuchsbetreuer; Vortrag in einem Blockseminar am Ende des Praktikumssemesters 			
Lehrveranstaltungen / SWS		Phys. Praktikum für Fortgeschrittene (Gruppengröße: 2)		4 SWS	
Arbeitsaufwand		Phys. Praktikum für Fortgeschrittene, Durchführung der Versuche		40 Stunden	
		Vorbereitung und Auswertung		140 Stunden	
		Blockseminar		5 Stunden	
		Vorbereitung eines Vortrags über einen durchgeführten Versuch		25 Stunden	
				Summe	210 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 4 Versuchen aus den Bereichen
 - Atom- und Molekülphysik
 - Festkörperphysik
 - Mikroskopiemethoden
 - Biophysik
 - Kernphysik
 - Theoretische Physik
- Vortrag über einen der durchgeführten Versuche am Ende des Semesters im Rahmen eines Blockseminars

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Allgemeines:

Fortgeschrittenenpraktikum: Eine aktuelle Liste der zur Verfügung stehenden Versuche sowie allgemeine Informationen finden sich unter <https://fopra.physik.uni-saarland.de/>

Anmeldung:

Eine Anmeldung bei den Praktikumsleitern ist jeweils zu Semesterbeginn erforderlich (für das Fortgeschrittenenpraktikum unter <https://fopra.physik.uni-saarland.de/>)

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

Modulverantwortliche/r	ProfessorInnen der Physik		
Dozent/inn/en	DozentInnen der Physik		
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht		
Zulassungsvoraussetzungen	Erwerb von mindestens 52 CPs; erfolgreicher Abschluss der Module „Experimentalphysik V“ und „Theoretische Physik V“		
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Präsentation von wissenschaftlichen Artikeln aus dem Themengebiet der Master-Arbeit		
Lehrveranstaltungen / SWS	Seminar (2 SWS), max. Gruppengröße 15		
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit		30 Stunden
	Vorbereitung des Vortrags, Literaturstudium		420 Stunden

	Summe		450 Stunden
Modulnote	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

Weitere Informationen:

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

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

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

Lernziele / Kompetenzen

- Heranführung an die selbständige 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

Weitere Informationen:

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Master-Arbeit					MA
Studiensem. 4	Regelstudiensem. 4	Turnus WS & SS	Dauer 1 Semester	SWS	ECTS-Punkte 30

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

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

Modulverantwortliche/r	Santen
Dozent/inn/en	Hochschullehrer(innen) der Theoretischen Physik
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche PRüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung (4 SWS) Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	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

Modulnote Klausur oder mündliche Prüfung

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

- Zweite Quantisierung: Bosonen, Fermionen und Feldoperatoren
- Streutheorie
- Feldquantisierung
- Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon Gleichung, Dirac-Gleichung
- Fluktuationen und Response
- Grundlagen des Pfadintegralbegriffs
- Weiterführende Methoden der Anwendungen

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Literatur:

- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik 2, de Gruyter, 1998
- F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene, Springer, 2005
- F. Schwabl, Statistische Mechanik, Springer, 2006
- R.P. Feynman, Statistical Mechanics, Perseus Books, 1998
- Yu V. Nazarov, J. Danon: Advanced Quantum Mechanics, Cambridge University Press
- S. J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, Addison-Wesley

Theoretische Physik Ve– Anwendungen der Quantenmechanik					TP Ve
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	Jährlich (SS)	1 Semester	4	4

Modulverantwortliche/r	Santen
Dozent/inn/en	Hochschullehrer(innen) der Theoretischen Physik
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	Die Studierende der Vertiefungsrichtung Experimentalphysik belegen die Veranstaltung Theoretische Physik V in den ersten 11 Wochen des Semesters. In diesem Zeitraum ist sie als Vorlesung mit 4 SWS und Übung mit 1 SWS organisiert. Die Übungen dienen dabei in erster Linie zur Vertiefung der Vorlesungsinhalte
Arbeitsaufwand	44 h Präsenzzeit für die Vorlesung 11 h Präsenzzeit für die Übungen 65 h Selbststudium (Vor- und Nachbearbeitung, Bearbeitung von Übungen, Klausurvorbereitung) = insgesamt 120 h
Modulnote	Klausur oder mündliche Prüfung

Lernziele / Kompetenzen

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

Inhalt

- Zweite Quantisierung: Bosonen, Fermionen und Feldoperatoren
- Streutheorie
- Feldquantisierung
- Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon Gleichung, Dirac-Gleichung
- Fluktuationen und Response
- Grundlagen des Pfadintegralbegriffs

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Literatur:

- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik 2, de Gruyter, 1998
- F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene, Springer, 2005
- F. Schwabl, Statistische Mechanik, Springer, 2006
- R.P. Feynman, Statistical Mechanics, Perseus Books, 1998
- Yu V. Nazarov, J. Danon: Advanced Quantum Mechanics, Cambridge University Press
- S. J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, Addison-Wesley

Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene IIb					FP IIb
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	SS	1 Semester	2	4
Modulverantwortliche/r		Eschner			
Dozent/inn/en		1 Praktikumsleiter 1 studentischer Betreuer pro Praktikumsgruppe			
Zuordnung zum Curriculum		Pflicht für Studierende mit der Vertiefung Experimentalphysik			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen.			
Leistungskontrollen / Prüfungen		<ul style="list-style-type: none"> 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)		2 SWS	
Arbeitsaufwand		Phys. Praktikum für Fortgeschrittene, Durchführung der Versuche		20 Stunden	
		Vorbereitung und Auswertung		70 Stunden	
		Blockseminar		5 Stunden	
		Vorbereitung eines Vortrags über einen durchgeführten Versuch		25 Stunden	
				Summe	120 Stunden
Modulnote		Benotet			

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 2 Versuchen aus den Bereichen
 - Atom- und Molekülphysik
 - Festkörperphysik
 - Mikroskopiemethoden
 - Biophysik
 - Kernphysik
- Vortrag über einen der durchgeführten Versuche am Ende des Semesters im Rahmen eines Blockseminars

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Allgemeines:

Fortgeschrittenenpraktikum: Eine aktuelle Liste der zur Verfügung stehenden Versuche sowie allgemeine Informationen finden sich unter <https://fopra.physik.uni-saarland.de/>

Anmeldung:

Eine Anmeldung bei den Praktikumsleitern ist jeweils zu Semesterbeginn erforderlich (für das Fortgeschrittenenpraktikum unter <https://fopra.physik.uni-saarland.de/>)

Physikalische Wahlpflicht					PW
Studiensem. 1 und 2	Regelstudiensem. 2	Turnus WS & SS	Dauer 2 Semester	SWS 12	ECTS-Punkte 15

Modulverantwortliche/r	DozentInnen der Physik	
Dozent/inn/en	Hochschullehrer(innen) aus der Fachrichtung Physik	
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht	
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung	
Lehrveranstaltungen / SWS	3 Vorlesungen (je 3 SWS) mit Übungen (je 1SWS) aus den Wahlpflichtvorlesungen des Master-Studiengangs Physik	
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesungen 3x15 Wochen à 3 SWS 	135 Stunden
	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Übung 3x15 Wochen à 1 SWS 	45 Stunden
	<ul style="list-style-type: none"> • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 	270 Stunden
	----- Summe	450 Stunden
Modulnote	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.

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

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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 <p style="text-align: right;">90 Stunden ----- Summe 150 Stunden</p>
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.

Modul Allgemeine Relativitätstheorie					ART
Studiensem. 1-2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 3	ECTS-Punkte 3

Modulverantwortliche/r	Santen
Dozent/inn/en	Santen
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlegende Kenntnisse in spezieller Relativitätstheorie
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS [ggf. max. Gruppengröße]	Vorlesung: 2 SWS Präsenzübung: 1 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen a 2 SWS 30 Stunden Präsenzzeit Übungen: 15 Wochen a 1 SWS 15 Stunden Vor- und Nachbereitung der Vorlesung und der Computerpraktika, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 45 Stunden <hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> Summe 90 Stunden
Modulnote	Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- Nach erfolgreicher Teilnahme die physikalischen Prinzipien der allgemeinen Relativität verstehen.
- Den mathematischen Formalismus der allgemeinen Relativität anwenden können;
- Anwendungen der allgemeinen Relativitätstheorie kennenlernen.

Inhalt

- Riemannsche Differentialgeometrie, metrische Beschreibung gekrümmter Räume
- Beschreibung der allgemeinen Relativität als geometrische Theorie der Gravitation
- Tensorielle Formulierung der allgemeinen Relativität
- Die Einsteinschen Feldgleichungen
- Gravitationswellen

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise: Werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

Modul Computational Molecular Biophysics					Abk.
Studiensem. 1./2.	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r		Hub			
Dozent/inn/en		Hub			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlegende Kenntnisse in statistischer Physik, Quantenmechanik und Elektrostatik			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Mündliche Prüfung			
Lehrveranstaltungen / SWS [ggf. max. Gruppengröße]		Vorlesung:		2 SWS	
		Computerpraktikum:		2 SWS	
Arbeitsaufwand		Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen a 2 SWS		30 Stunden	
		Präsenzzeit Computerpraktikum: 15 Wochen a 2 SWS		30 Stunden	
		Vor- und Nachbereitung der Vorlesung und der Computerpraktika, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung		90 Stunden	
		Summe		----- 150 Stunden	
Modulnote		Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung			

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- nach erfolgreicher Teilnahme die Methoden und Konzepte der computergestützten molekularen Biophysik verstehen;
- Verständnis entwickeln, wie physikalische Prinzipien, insbesondere die statistische Mechanik und die Quantenmechanik, die Funktion und Dynamik von Proteinen bestimmen;
- unter Anleitung computergestützte Simulationen durchführen und auswerten können und mit deren Hilfe die Funktion von Proteinen untersuchen können.

Inhalt

- Struktur, Funktion und intramolekulare Wechselwirkungen von Proteinen
- Molekulardynamiksimulationen, ihre zugrundeliegenden Näherungen und effiziente Algorithmen, Integration der Bewegungsgleichungen
- Elektrostatik in Proteinen, Lösungsmittelleffekte, Protonierungsgleichgewicht
- Proteinstrukturbestimmung (Röntgenkristallographie und Kernspinresonanz)
- Monte-Carlo-Simulationen
- Kollektive Dynamik: Hauptkomponentenanalyse und Normalmodenverfahren
- Grundlagen der Bioinformatik: Sequenzalignment, Strukturvorhersage
- Freie-Energie-Rechnungen: Free energy perturbation, thermodynamic integration, Umbrella sampling
- Nichtgleichgewichtsthermodynamik: Jarzynski-Gleichung und Crooks-Theorem
- Ladungstransport in Proteinen
- Raten-Theorie: Eyring-Theorie, Smoluchowski-Gleichung, Kramers-Theorie
- Quantenchemie: Hartree-Fock-Methode und Dichtefunktionaltheorie
- Quantenmechanische/Molekularmechanische Simulationen (QM/MM)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise: Werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

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

Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en	Rieger Rieger, Santen
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
Lehrveranstaltungen / SWS	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung (3 SWS) • Übung (1 SWS)
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>-----</p> <p style="text-align: right;">Summe 150 Stunden</p>
Modulnote	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

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

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karin Jacobs	
Dozent/inn/en	Prof. Dr. Karin Jacobs Dr. Frank Müller	
Zuordnung zum Curriculum	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)	
Zulassungsvoraussetzungen	keine formalen Voraussetzungen	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche oder schriftliche Prüfung als Gesamt- oder Teilprüfung, Seminarvorträge zu ausgewählten Themen	
Lehrveranstaltungen / SWS	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)	
Arbeitsaufwand	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
Modulnote	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 (μ 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					Abk.
Einführung in die konforme Invarianz					
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, 30 Stunden 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 Méthoden und Ergebnissen der statistischen Mechanik verfügen. Ausgehend von eine 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 Méthoden und Ergebnisse der zweidimensionalen konformen Invarianz, die es einem Hörer ohne Vorkenntnisse in der Quantenfeldtheorie ermöglichen soll, diese Méthoden auf Probleme in der Festkörperphysik oder der kondensierten Matérie 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					Abk.
Einführung in die Kosmologie					
Studiensem. 5 (Ba), 1 (Ma)	Regelstudiensem. 6 (Ba), 1 (Ma)	Turnus WS	Dauer 1 Sem.	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r		Prof. Dr. Malte HENKEL			
Dozent/inn/en		Prof. Dr. Malte HENKEL (UHP Nancy I)			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht in Physik			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formale Voraussetzungen. Empfohlen wird: Grundkenntnisse der Physik (erste 2 Jahre) (<i>Kenntnisse der allgemeinen Relativitätstheorie werden nicht vorausgesetzt</i>)			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Klausur			
Lehrveranstaltungen / SWS		3+1			
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> • 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 <p style="text-align: right;">90 Stunden ----- Summe 150 Stunden</p>			
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).

Einführung in die Physik weicher kondensierter Materie					WKM
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5
Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en		Jacobs, Seemann Dozent/inn/en der Experimentalphysik			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Experimentalphysik und theoretischer Physik			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Klausur oder mündliche Prüfung			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung: 3 SWS Seminar: 1 SWS			
Arbeitsaufwand		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			
Modulnote		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

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

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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 <hr style="width: 10%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> <p style="text-align: right;">Summe 150 Stunden</p>
Modulnote	Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen

Lernziele/Kompetenzen
 Verständnis wichtiger Quantenalgorithmien 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					Abk.
Elektronenmikroskopie					
Studiensem. 1 o. 2	Regelstudiensem. 2	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r		de Jonge			
Dozent/inn/en		de Jonge			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Optik und Experimentalphysik			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Klausur			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung (3 SWS) - Praktikum (1 SWS)			
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> - Präsenzzeit: 4 SWS x 10 Wo. = 40 h - Vor- und Nachbereitung (V): 3 h/Wo x 8 Wo. 24 h - Praktikum: 4 SWS x 4 Wo. = 16 h - Klausur: 2 h - Praktikum Protokoll: 3 h/Wo x 6 Wo. = 18 h - Vorbereitung Klausur: <u>50 h</u> Summe 150 h 			
Modulnote		Aus der Klausurnote und Praktikumsprotokoll			

Lernziele/Kompetenzen

Physikalisches Verständnis der Funktionsweise der verschiedenen Arten von hochauflösende Mikroskopie, von Lichtmikroskopie bis hin zur Elektronenmikroskopie. Dies beinhaltet ebenfalls die Interaktion zwischen Licht/Elektronenstrahl und Material, Wissen von 1) Bildaufbau, 2) verschiedenen Kontrastverfahren, 3) Beugung, 4) Elementanalyse, 5) der Komponenten der verschiedenen Mikroskope (Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Konfokal-, Superresolution- und Elektronenmikroskop), sowohl Kenntnisse über die wesentlichen Anwendungsbereiche der verschiedenen Mikroskopieformen. Selbstständiges Bedienen eines Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Rasterelektronen- und eines Transmissionselektronenmikroskops.

Inhalt

Dieses Wahlpflichtfach gibt eine Einleitung in die moderne hochaufgelöste Mikroskopie. Es behandelt jeweils zwei Themengebieten: der Lichtmikroskopie und der Elektronenmikroskopie.

Einführung in die Grundlagen der Lichtmikroskopie (Bildentstehung, Linsenfehler, Kontrastverbesserung, Auflösungskriterien). Speziell wird dann auf Aufbau und Verfahrensweise von Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Konfokal- und Superresolutionstechniken eingegangen. Einige diese Techniken werden im Praktikum selbstständig erprobt und kleine Experimente damit ausgeführt.

Einführung in die Grundlagen der Elektronenmikroskopie mit Themen wie Elektronenstreuung, Beugung, Kontrast bzw. Auflösung, Arten der Elektronenmikroskopie, Komponenten eines Elektronenmikroskops, Anwendungen in der modernen Wissenschaft usw. Im Praktikum angeboten lernt jeder Student(in), selbstständig sowohl ein Rasterelektronenmikroskop als auch ein Transmissionselektronenmikroskop zu bedienen und damit Experimente durchzuführen

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch

Literaturhinweise:

J.B. Pawley, Handbook of biological confocal microscopy, 2nd Edition, 1995.

D.B. Williams, C.B. Carter, Transmission electron microscopy, 2nd Edition, Springer 2009.

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

Kapillarität und Benetzungsphänomene					Abk.
Von tropfenden Wasserhähnen, instabilen Polymerfilmen bis zur Ölförderung					
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r		Seemann			
Dozent/inn/en		Seemann			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik (typischerweise erworben in Modulen EPI und EP II und TP Ib und TP II)			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; abschließend mündl. Prüfung			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung (3 SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)			
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> • 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		Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung			

Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über aktuelle Forschungsfragen und Anwendungen zu Kapillarität, Be- und Entnetzung
- Kenntnis der typischen experimentellen Mess- und Charakterisierungsmethoden
- Überblick über lang- und kurzreichweitige Benetzungskräfte, ihre Beschreibung im Rahmen des „effektiven Grenzflächenpotentials“ und ihren Einfluss auf die Symmetriebrechung bei der Entnetzung
- Effekte an der Dreiphasenkontaktlinie
- Kontinuumsmechanische Beschreibung der Hydrodynamik von Grenzflächen
- Kenntnis der Benetzung spezieller (topographisch oder chemisch strukturierter) Oberflächen
- Überblick über Anwendungen der Kapillarität im Rahmen der feuchten granularen Materie und benetzungsabhängige getriebene Flüssigkeitsfronten in porösen Medien.

Inhalt

- Grundlagen der Kapillarität
- Experimentelle Methoden Kontaktwinkel- und Oberflächenspannungsmessung, Dünnschichtmessung, Kraftmikroskopie und Röntgentomographie
- Effekte an der Dreiphasenkontaktlinie
- Entnetzung, treibende Kräfte für die Entnetzung
- Marangoni-Effekt (Eine neue Perspektive beim Trinken von Rotwein)
- Kontinuumsbeschreibung der langreichweitigen Benetzungskräfte und spinodale Entnetzung
- Hydrodynamik von Grenzflächen wie Rayleigh-Plateau Instabilität und Lucas-Washburn Gesetz
- Benetzung chemisch und topographisch strukturierter Oberflächen (z.B. Wenzel Modell, Cassie-Baxter Modell, Kantenbenetzung, superhydrophobe Oberflächen (Lotus-Effekt))
- Benetzung räumlicher Kugelschüttungen (wie „klebt“ Wasser eine Sandburg zusammen)
- Quasi statische Beschreibung einer Flüssigkeitsfront, die in ein poröses Medium eindringt (Prozesse die bei Ölförderung auf der Längenskala einzelner Poren ablaufen)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch auch Englisch

Literaturhinweise:

Die Veranstaltung wird den Grundzügen des Lehrbuchs „Capillarity and Wetting Phenomena - Drops, Bubbles, Pearls, Waves“ von Pierre-Gilles de Gennes, Francois Brochard-Wyart und David Quéré folgen. In einzelnen Themenbereichen wird es ergänzt durch aktuelle Bücher und Journalartikel wie

- S. Herminghaus, “Wet Granular Matter – A Truly Complex Fluid” World Scientific, Series in Soft Condensed Matter Vol. 6
 - O. K. C. Tsui, T. P. Russell “Polymer Thin Films” World Scientific, Series in Soft Condensed Matter Vol. 1
 - J. Israelachvili “Intermolecular And Surface Forces” Academic Press
 - E. Y. Bormashenko “Wetting of real Surfaces” De Gruyter
 - D. Myers “Surfaces, Interfaces and Colloids – Principles and Applications” Wiley-VCH
-

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

Modulverantwortliche/r	Pelster
Dozent/inn/en	Pelster
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung Prüfungsvorleistungen: Seminarvortrag mit schriftl. Ausarbeitung
Lehrveranstaltungen / SWS	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit 15 Wochen à 4 SWS 60 Stunden • Vor- und Nachbereitung der Vorlesung, Vorbereitung des Seminarvortrags inkl. Abfassen einer schriftl. Version sowie Prüfungsvorbereitung 90 Stunden <hr style="width: 20%; margin-left: 0;"/> <p>Summe 150 Stunden</p>
Modulnote	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.

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

Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en	Becher Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Optik und Atomphysik
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündl. Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
Arbeitsaufwand	- 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.)

Modulnote 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.

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

Modulverantwortliche/r	Bennewitz
Dozent/inn/en	Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
Zuordnung zum Curriculum	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik und Festkörperphysik
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
Arbeitsaufwand	- 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.)
Modulnote	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
Molekulare Schwingungen
Experimentelle Methoden der Nanomechanik
Molekulare Erkennung in der Biophysik
Physik einzelner Polymere
Reibungsphänomene auf atomarer Skala
Weitere aktuelle Forschungsarbeiten zur Nanomechanik

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Auf 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

Nanostrukturphysik II					NSP
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r		Hartmann			
Dozent/inn/en		Hochschullehrer(innen) der Experimentalphysik			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen.			
Leistungskontrollen / Prüfungen		mündl. Prüfung			
Lehrveranstaltungen / SWS		<ul style="list-style-type: none"> - Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS) 			
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS • Präsenzzeit Seminar 15 Wochen à 1 SWS • Vor- und Nachbereitung • Vorbereitung Seminarvortrag 		<p style="text-align: right;">45 Stunden</p> <p style="text-align: right;">15 Stunden</p> <p style="text-align: right;">60 Stunden</p> <p style="text-align: right;">30 Stunden</p>	

		Summe		150 Stunden	
Modulnote		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 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)

Modul Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung					Abk.
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Christian Wagner
Dozent/inn/en	Christian Wagner
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik und Feldgleichungen (Typischerweise erworben in Modulen EP I und EP II und TPI und TP II)
Leistungskontrollen / Prüfungen	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; anschließend mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung (3 SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> - Präsenzzeit Vorlesungen 45 Stunden 15 Wochen à 3 SWS - Präsenzzeit Übungen 15 Stunden 15 Wochen à 1 SWS - Vor- und Nachbearbeitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben Klausur- und Prüfungsvorbereitung <u>90 Stunden</u> Summe 150 Stunden
Modulnote	Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über aktuelle Forschungsfragen wie Selbstorganisation in hydrodynamischen und biologischen Systemen
- Die Fähigkeit eine einfach lineare Stabilitätsanalyse zu machen
- Bifurkationen von Modellsystemen bestimmen zu können
- Eine elementare Analyse chaotischer System zu erstellen

Inhalt

- Klassifikation nichtlinearer Differentialgleichungen
- Einführung in die lineare Stabilitätsanalyse
- Vorstellung experimenteller Modellsystem aus der Hydrodynamik und der Biologie
- Bifurkationen
- Chaostheorie
- Konzepte zur Strukturbildung, Ginzburg Landau Gleichungen
- Strukturbildung in hydrodynamischen und biologischen Modellsystemen
- Defekte und Fronten

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- Strogatz, Nonlinear Dynamics And Chaos: With Applications To Physics, Biology, Chemistry, And Engineering, Westview Press, ISBN 978-0738204536
- Daniel Waelgraf, Spatio-Temporal Pattern Formation: With Examples from Physics, Chemistry, and Materials Science, Springer, ISBN 978-1461273110
- Scott Camazine et al., Self-Organization in Biological Systems, Princeton Univers. Press, ISBN 978-0691116242

Quantentheorie des Lichts					QTL
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en		Morigi Hochschullehrer(innen) der Theoretische Physik			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Atomphysik, Theoretische Quantenphysik und Statistische Physik.			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Klausur oder mündl. Prüfung			
Lehrveranstaltungen / SWS		<ul style="list-style-type: none"> - Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS) 			
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> - 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.) 			
Modulnote		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. (3rd ed., 1954).

W. H. Luisell, Quantum Statistical Properties of Radiation, Wiley Ed. (1973).

Modul Phasenübergänge 2. Art und kritische Phänomene Transitions de phases et phénomènes critiques					Abk. Crit
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1,3	3	WS	1	2	3
Modulverantwortlicher		Henkel			
Dozenten		Henkel			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht (für Master und Doktoranden)			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen. Grundkenntnisse der statistischen Mechanik nützlich			
Leistungskontrollen / Prüfungen		mündliche Prüfung oder Klausur, Teilnahmevoraussetzung: regelmäßige Teilnahme			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung 2 SWS			
Arbeitsaufwand		Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 2 SWS			30 Stunden
		Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung			60 Stunden
Modulnote		Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung			

Lernziele/Kompetenzen

Einführung in der Physik der Phasenübergänge 2. Art und ihre Beschreibung durch universelle kritische Exponenten. Konventionelle selbst-konsistente Methoden sind grundsätzlich nicht in der Lage, weder die Werte dieser Exponenten noch ihre Universalität korrekt vorherzusagen. Begriff und Benutzung der Renormierungsgruppe.

Inhalt

Begriff der kritischen Phänomene, Zusammenhang mit Singularitäten der thermodynamischen Potentiale, kritische Exponenten, Begriff der Universalität, Skalengesetze, Renormierungsgruppe, Anwendungen in klassischen und quantenmechanischen Systemen, exakt lösbare Modelle zur Illustration

Weitere Informationen

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

Literaturhinweise:

J.L. Cardy „Scaling and Renormalization in Statistical Physics” (Cambridge University Press 1996)
M.E. Fisher in F. Hahne (ed) “Critical Phenomena” Springer Lecture Notes in Physics 186 (1983)
J.M. Yeomans “Statistical mechanics of phase transitions”, Oxford University Press (1993)

Modul Quantum Optics with Ultracold Atoms					Abk. TQT	
Studiensem. 1. oder 2.	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Sem	SWS 4	ECTS-Punkte 5	
Modulverantwortliche/r		Morigi				
Dozent/inn/en		Morigi				
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht				
Zulassungsvoraussetzungen		erfolgreiche Teilnahme an TP III				
Leistungskontrollen / Prüfungen		Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.				
Lehrveranstaltungen / SWS		3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung				
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 			45 Stunden 15 Stunden 90 Stunden ----- 150 Stunden	
		Summe				
Modulnote		Note aus Klausur bzw. mündliche Prüfung				

Lernziele/Kompetenzen

- Verständnis wichtiger Grundlagen der Quantenstatistik
- Verständnis wichtiger Grundlagen der Vielteilchenphysik
- Fähigkeit zum Verständnis feldtheoretischer Beschreibung von Vielteilchensystemen
- Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

Inhalt

- Bose-Einstein statistics and condensation
- Quantum degenerate atomic gases and Bose-Einstein condensation in interacting systems
- Field-theoretical description of weakly interacting bosons.
- Superfluidity, Bose-Einstein condensates, and quantum coherence
- Bose-Einstein condensation in optical lattices
- Outlook: Ultracold Fermi gases, Quantum simulators with ultracold atoms.

Weitere Informationen :

MuN-Studierende und Studierende im Bachelor Physik wird um vorherige Rücksprache mit Dozent(in) gebeten.

Unterrichtssprache: englisch

Literaturhinweise:

- A. J. Leggett, Quantum Liquids
- L. Pitaevskii, S. Stringari, Bose-Einstein Condensation
- C. J. Pethick and H. Smith, Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases
- S. Sachdev, Quantum Phase Transitions
- K. Huang, Statistical Mechanics

Rheologie und Strömungsdynamik komplexer Flüssigkeiten					PWP RS
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r	Wagner				
Dozent/inn/en	Wagner				
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht				
Zugangsvoraussetzungen	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)				
Leistungskontrollen / Prüfungen	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; abschließend mündl. Prüfung				
Lehrveranstaltungen / SWS [ggf. max. Gruppengröße]	Vorlesung (3 SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)				
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 				45 Stunden
					15 Stunden
					90 Stunden

	Summe				150 Stunden
Modulnote	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

Stochastic Processes					STOCH
Studiensem.	Regelstudiensem	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5
Modulverantwortliche/r		Santen			
Dozent/inn/en		Rieger, Santen			
Zuordnung zum Curriculum		Physikalische Wahlpflicht			
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, stochastische Prozesse mathematisch zu beschreiben
- Fähigkeit der Analyse stochastischer Prozesse
- Fähigkeit der selbständigen Lektüre aktueller Veröffentlichungen aus dem Gebiet der stochastischen Prozesse

Inhalt

- Stochastische Variablen und Zufallsereignisse
- Markov-Prozesse
- Master-, Langevin-, und Fokker-Planck-Gleichungen
 - Diffusionsprozesse, Stochastische Integrale
 - First-Passage Times, Rare Events

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise:

- Kaprivsky, Redner, Ben-Naim: A Kinetic View of Statistical Physics
- van Kampen: Stochastic Processes in Physics and Chemistry
- Gardiner: Handbook of Stochastic Methods

Modul					Abk.
Technische und moderne Optik					
Studiensem. 7 oder 8	Regelstudiensem. 7 oder 8	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r		Ott			
Dozent/inn/en		Ott			
Zuordnung zum Curriculum		Wahlpflichtfach (Master)			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Elektrodynamik und Optik (entsprechend den Modulen EP II / EP III)			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Mündlich oder schriftlich Prüfung am Ende der Veranstaltung Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag mit abschließender mündl. Prüfung			
Lehrveranstaltungen / SWS		3 V + 1 Ü = 4SWS			
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> • 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 <hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> <p style="text-align: right;">Summe 150 Stunden</p>			
Modulnote		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:					
<ul style="list-style-type: none"> • 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 					

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

Modulverantwortliche/r	Jürgen Eschner
Dozent/inn/en	Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
Zuordnung zum Curriculum	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse in Atomphysik, Quantenphysik und Optik.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur und/oder mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung (3 SWS) + Übungen (1 SWS)
Arbeitsaufwand	- 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.)
Modulnote	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

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

Modulverantwortliche/r	Hub
Dozent/inn/en	Rieger, Santen
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
Lehrveranstaltungen / SWS	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung (3 SWS) • Übung (1 SWS)
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>-----</p> <p>Summe 150 Stunden</p>
Modulnote	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
- Netzwerkmodelle, 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

Modul Theoretische Physik für Quantentechnologien					Abk.
Studiensem. 1. oder 2.	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Sem	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Wilhelm-Mauch, Morigi				
Dozent/inn/en	Wilhelm-Mauch, Morigi				
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen				
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben. Dringende Empfehlung: erfolgreiche Teilnahme an TP III oder TP III für LaG				
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				
	Summe				90 Stunden 150 Stunden
Modulnote	Note aus der Klausur oder mündlichen Prüfung				

Lernziele/Kompetenzen

- Verständnis wichtiger Grundlagen der Quantentechnologien
- Verständnis wichtiger Quantenalgorithmien und –protokolle
- Fähigkeit zur Analyse, Beschreibung, und Kontrolle der Dynamik offener Quantensysteme
- Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

Inhalt

- Struktur der Quantentheorie unter Informationsgesichtspunkten
- Elementare quantenmechanische Logikgatter und Algorithmen
- Quantenteleportation und Quantenkommunikation
- Elementare Theorie der Quantenmessung
- Elementare Theorie der offenen Systemen
- Quantenkanäle, Elementare Theorie der Quantenfehlerkorrektur

Weitere Informationen

MuN-Studierende und Studierende im Bachelor Physik wird um vorherige Rücksprache mit Dozent(in) gebeten.

Unterrichtssprache:

Literaturhinweise:

- J. Stolze, D. Suter: 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
- N.D. Mermin: Quantum Computer Science: An Introduction
- C.W. Gardiner and P. Zoller, Quantum Noise
- V. B. Braginsky, F. Ya. Khalili, Quantum measurement

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

Modulverantwortlicher	Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Martin Straub
Dozent	Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Martin Straub
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht Bachelor- und Master Physik, Biophysikalische Wahlpflichtveranstaltung Master Biophysik, Allgemeine Wahlpflicht Master Quantum Engineering
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	3 SWS Vorlesung, 1 SWS Seminar
Arbeitsaufwand	45 h Vorlesung, 45 h Vor- und Nachbereitung, 15 h Seminar, 45 h Vorbereitung des Seminarvortrags
Modulnote	Note der Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

- Vertiefte Kenntnisse von Grundlagen und Anwendungen in den folgenden Bereichen:
 - Licht-Materie Wechselwirkung in Dielektrika, Halbleitern und Metallen
 - 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
- Berechnung optischer Problemstellungen anhand komplexer Feld- und Materialgrößen
- Eigenständige Erarbeitung und Präsentation aktueller optischer Forschungsthemen

Inhalt

Lichtausbreitung in Materie: Dispersion, Absorption; Polarisation: Dichroismus, Doppelbrechung u.a. Optische Komponenten und Systeme: Adaptive Optik, dicke Linsen, Strahlverlaufsberechnung, Aberrationen. Strahlquellen und Detektoren. Fourier-Optik und Kohärenztheorie. Optische Sensorik und Messtechnik. Lithographie, Holographie, optische Nanostrukturierung. Mikro-, Nano-, integrierte Optik. *Nichtlineare Optik*: Wellenausbreitung in nichtlinearen Medien, nichtlineare Suszeptibilitäten, elektro- und magneto-optische Effekte, opt. Frequenzverdopplung, Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, parametrische Verstärkung/Oszillation, stimulierter Ramaneffekt, Zwei-Photonen-Absorption, Spektroskopie, Kerr-Effekte, Selbstfokussierung und -phasenmodulation, transiente opt. Effekte, starke Licht-Materie-WW, Laserisotopentrennung. Nichtlineare Optik von Oberflächen, Wellenleitern und Plasmen.

Weitere Informationen: Vorlesungsfolien in englischer Sprache

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Literaturhinweise:

- [1] E. Hecht: **Optics**, 5th Global Edition, Pearson Higher Education, 2016;
E. Hecht, **Optik**, 7. Auflage, Reihe De Gruyter Studium, 2018,
[2] Y. R. Shen, **The Principles of Nonlinear Optics**, Wiley, 2003.

Modul Nichtlineare Optik					Abk. NLO
Studiensem. 2,4	Regelstudiensem. 4	Turnus Sommersemester	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortlicher	Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Martin Straub
Dozent	Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Martin Straub
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht Bachelor- und Master Physik, Biophysikalische Wahlpflichtveranstaltung Master Biophysik, Allgemeine Wahlpflicht Master Quantum Engineering
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	3 SWS Vorlesung, 1 SWS Seminar
Arbeitsaufwand	45 h Vorlesung, 45 h Vor- und Nachbereitung, 15 h Seminar, 45 h Vorbereitung des Seminarvortrags
Modulnote	Note der Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

- Vertiefte Kenntnisse von Grundlagen (Experimente, Theorie) und Anwendungen nichtlinearer Optik
 - Verständnis grundlegender Unterschiede zwischen linearer und nichtlinearer Optik
 - Kenntnis in der linearen Optik nicht existenter optischer Effekte und ihrer technischen Bedeutung
 - Verständnis der Rolle nichtlinearer Optik in wichtigen Anwendungsgebieten wie optische Telekommunikation, hochauflösende Mikroskopie und Lithographie sowie Lasertechnologie
- Beherrschung der klassischen, semi-klassischen und teilweise auch quantenelektrodynamischen Behandlung nichtlinear-optischer Prozesse
- Eigenständige Erarbeitung und Präsentation aktueller nichtlinear-optischer Forschungsthemen

Inhalt

Wellenausbreitung und Wellenkopplung in nichtlinearen Medien; nichtlineare Suszeptibilitäten, ihre quantenphysikalische Darstellung und Symmetrien, Snellius-Gesetz der nichtlinearen Optik, Lichtfelder an Grenzflächen nichtlinearer Medien. Elektro- und magneto-optische Effekte, optische Frequenzverdopplung und höhere Harmonische, Summen und Differenzfrequenzerzeugung, parametrische Verstärkung und Oszillation, stimulierter Raman-Effekt, Zwei- und Multiphotonen-Absorption. Nichtlinear-optische Spektroskopie: Quantum Beats, Sättigungsspektroskopie, dopplerfreie Zwei-Photonen-Absorptionsspektroskopie, Ramsey-Fringes, Vier-Wellen-Mischung, CARS, phasenkonjugierte Spiegel. Optisch induzierte Doppelbrechung, Kerr-Effekte, optische Bistabilität, Selbstfokussierung und Selbstphasenmodulation. Transiente optische Effekte: Optische Bloch-Gleichung, transiente Nutation, freier Induktionszerfall, Photonenechos, adiabatische Besetzungsinversion, selbstinduzierte Transparenz, Superfluoreszenz. Starke Licht-Materie Wechselwirkung. Laserisotopentrennung, Einzelmolekülspektroskopie. Nichtlineare Optik von Oberflächen, in Wellenleitern und Plasmen.

Weitere Informationen: Vorlesungsfolien in englischer Sprache

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Literaturhinweise: [1] Y. R. Shen, **The Principles of Nonlinear Optics**, Wiley, 2003. [2] R. W. Boyd, **Nonlinear Optics**, Elsevier, 2008. [3] Y. V. G. S. Murti, C. Vijayan, **Physics of Nonlinear Optics**, 2nd ed., Springer, 2021. [4] G. New, **Introduction to Nonlinear Optics**, Cambridge University Press, 2011. [5] G. Agrawal, **Nonlinear Fiber Optics**, Elsevier, 2012. [6] M. Wegener, **Extreme Nonlinear Optics**, Springer, 2004. [7] Speziellere aktuelle Fachbücher, Übersichtsartikel und Publikationen.

Modul Angewandte Optik und Photonik: Optische Technologien in Industrie, Telekommunikation und Medizin					Abk. AOP
Studiensem. 1,3	Regelstudiensem. 4	Turnus Wintersemester	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortlicher	Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Martin Straub
Dozent	Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Martin Straub
Zuordnung zum Curriculum	Physikalische Wahlpflicht Bachelor- und Master Physik, Biophysikalische Wahlpflichtveranstaltung Master Biophysik, Allgemeine Wahlpflicht Master Quantum Engineering
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	3 SWS Vorlesung, 1 SWS Seminar
Arbeitsaufwand	45 h Vorlesung, 45 h Vor- und Nachbereitung, 15 h Seminar, 45 h Vorbereitung des Seminarvortrags
Modulnote	Note der Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

- Vertieftes Verständnis von Licht-Materie-Wechselwirkung, Strahlquellen und Detektoren, Design und Eigenschaften optischer Systeme, Fourier-optischen Methoden, optischer Sensorik und Messtechnik, Faseroptik, hochauflösender optische Mikroskopie und Lithographie, Mikro- und Nanooptik.
- Fähigkeit zur Beurteilung und Planung der praktischen Anwendung optischer Technologien
- Berechnung optischer Problemstellungen anhand komplexer Feld- und Materialgrößen
- Eigenständige Erarbeitung und Präsentation aktueller Forschungsthemen in Optik und Photonik anhand englischsprachiger Fachliteratur

Inhalt

- Radiometrie und Photometrie: Physikalische Größen und lichttechnischer Einsatz
- Licht-Materie Wechselwirkung in Dielektrika, Halbleitern und Metallen: Dispersion, Absorption, Streuprozesse. Polarisierung, Dichroismus und Doppelbrechung, Flüssigkristall-Devices
- Strahlquellen und Detektoren in unterschiedlichen Spektralbereichen
- Design und Eigenschaften optischer Komponenten und Systeme: Adaptive Optik, dicke und asphärische Linsen, Gradient-Index-Optiken, Strahlverlaufsberechnung, Aberrationen
- Fourier-Optik und Kohärenztheorie, Anwendungen in Mikroskopie und Astronomie
- Optische Sensorik und Messtechnik: 3D-Formen, Vibration, Temperatur, Feuchtigkeit u.a.
- Faseroptik und optische Breitband-Telekommunikation
- Hochauflösende optische Fern- und Nahfeldmikroskopie, optische Überauflösungstechniken
- Projektions- und Laserrasterlithographie, optische 2D- und 3D-Nanostrukturierung
- Mikro-, Nano- und integrierte Optik, Plasmonik, photonische Kristalle und all-optische Devices

Weitere Informationen: Vorlesungsfolien in englischer Sprache

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Literaturhinweise:

- [1] E. Hecht: **Optics**, 5th Global Edition, Pearson Higher Education, 2016, ISBN 978-1-292-09693-3;
E. Hecht, **Optik**, 7. Auflage, Reihe De Gruyter Studium, 2018, ISBN 978-3-11-052664-6
- [2] E. Hering, R. Martin: **Photonik**, Springer Verlag, 2006, ISBN 978-3-540-23438-8
- [3] J. Jahns, K.-H. Brenner: **Microoptics**, Springer Verlag, 2004, ISBN 0-387-20980-8
- [4] L. Novotny, B. Hecht: **Principles of Nano-Optics**, Cambridge UP., 2006, ISBN 978-0-521-83224-3

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

Modulverantwortliche/r	Prüfungsausschuss Master Physik
Dozent/inn/en	DozentInnen der Veranstaltung
Zuordnung zum Curriculum	Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur(en) oder mündliche Prüfung(en)
Lehrveranstaltungen / SWS	Siehe einzelne Teilmodule.
Arbeitsaufwand	Der Arbeitsaufwand in den Teilmodulen muss mindestens 540 h (18 CP) entsprechen.
Modulnote	Klausur oder mündliche Prüfung Es müssen mindestens 9 CP in benoteten Teilmodulen erworben werden.

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.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5	5	WS	1 Semester	6	9

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Gert Smolka
Dozent/inn/en	Prof. Dr. Gert Smolka Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns
Zuordnung zum Curriculum	Nichtphysikalische Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	<ul style="list-style-type: none"> • Zwei Klausuren (Mitte und Ende der Vorlesungszeit) • Die Note wird aus den Klausuren gemittelt und kann durch Leistungen in den Übungen verbessert werden. • Eine Nachklausur findet innerhalb der letzten beiden Wochen vor Vorlesungsbeginn des Folgesemesters statt.
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung: 4 SWS (ca. 250 Studierende) Übung: 2 SWS Übungsgruppen mit bis zu 20 Studierenden
Arbeitsaufwand	270 h = 80 h Präsenz- und 190 h Eigenstudium
Modulnote	Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktischen Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.

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: deutsch

Literaturhinweise:

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet

Programmierung 2					P2
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	SS	1 Semester	6	9
Modulverantwortliche/r		Prof. Dr. Sebastian Hack			
Dozent/inn/en		Prof. Dr. Sebastian Hack Prof. Dr. Andreas Zeller			
Zuordnung zum Curriculum		Nicht-physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Programmierung 1 (empfohlen)			
Leistungskontrollen / Prüfungen		<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 Praktikumsteil 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 Vorlesungsteil müssen die Studierenden Klausuren 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.</p>			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS Übungsgruppen mit bis zu 20 Studierenden			
Arbeitsaufwand		Präsenzzeit: 45 h Vor-und Nachbereitung: 225 h Gesamtzeit: 270 h			
Modulnote		Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktischen Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.			

Lernziele / Kompetenzen

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

In dieser Vorlesung lernen sie:

- wie Rechner Programme ausführen
- die Grundlagen imperativer und objektorientierter Sprachen
- mittelgroße objektorientierte Systeme in Java zu implementieren und zu testen
- kleinere, wohlstrukturierte Programme in C zu schreiben
- sich in wenigen Tagen eine neue imperative/objektorientierte Sprache anzueignen, um sich in ein bestehendes Projekt einzuarbeiten

Inhalt

- Imperatives Programmieren
- Objekte und Klassen
- Klassendefinitionen
- Objektinteraktion
- Objektsammlungen
- Objekte nutzen und testen
- Vererbung
- Dynamische Bindung
- Fehlerbehandlung
- Klassendesign und Modularität
- Systemnahe Programmierung

sowie spezifische Vorlesungen für die Programmieraufgaben.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

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*
-

Modul Image Processing and Computer Vision					Abk. CS 572/PCV
Studiensem. 2	Regelstudiensem. 2	Turnus At least once every two years	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9

Modulverantwortliche/r Prof. Dr. Joachim Weickert

Dozent/inn/en Prof. Dr. Joachim Weickert

Zuordnung zum Curriculum Nicht-physikalische Wahlpflicht

Zulassungsvoraussetzungen For graduate students: none

Leistungskontrollen / Prüfungen

- Regular attendance of classes and tutorials.
- At least 50% of all possible points from the weekly assignments have to be gained to qualify for the final exam.
- Passing the final exam.
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

Lehrveranstaltungen / SWS Lecture 4 h (weekly)
Tutorial 2 h (weekly)
Tutorials in groups of up to 20 students

Arbeitsaufwand 270 h = 90 h of classes and 180 h private study

Modulnote Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktische Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.

Lernziele/Kompetenzen

Broad introduction to mathematical methods in image processing and computer vision.

Inhalt

1. Basics
 - 1.1 Image Types and Discretisation
 - 1.2 Degradations in Digital Images
2. Image Transformations
 - 2.1 Fourier Transform
 - 2.2 Image Pyramids
 - 2.3 Wavelet Transform
3. Colour Perception and Colour Spaces
4. Image Enhancement
 - 4.1 Point Operations
 - 4.2 Linear Filtering
 - 4.3 Wavelet Shrinkage, Median Filtering, M-Smoothers
 - 4.4 Mathematical Morphology
 - 4.5 Diffusion Filtering
 - 4.6 Variational Methods
 - 4.7 Deblurring
5. Feature Extraction
 - 5.1 Edges
 - 5.2 Corners
 - 5.3 Lines and Circles

-
- 6 Texture Analysis
 - 7 Segmentation
 - 7.1 Clasisical Methods
 - 7.2 Variational Methods
 - 8 Image Sequence Analysis
 - 8.1 Local Methods
 - 8.2 Variational Methods
 - 9 3-D Reconstruction
 - 9.1 Camera Geometry
 - 9.2 Stereo
 - 9.3 Shape-from-Shading
 - 10 Object Recognition
 - 10.1 Eigenspace Methods
 - 10.2 Moment Invariances
-

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch

Literaturhinweise:

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

Partielle Differentialgleichungen					PDG
Studiensem. 1	Regelsem. 2	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9
Modulverantwortliche(r)		M. Fuchs			
Dozent(inn)en		Dozenten der Mathematik			
Zuordnung zum Curriculum		Nicht-physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Analysis I – III, Lineare Algebra I + II (empfohlen)			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Regelmäßige aktive Teilnahme an der Vorlesung und den begleitenden Übungen; Abschlussprüfung			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)			
Arbeitsaufwand		60 h Kontaktzeit für die Vorlesung, 30 h Kontaktzeit in den Übungen, 180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h.			
Modulnote		Durch Klausur(en) oder mündliche Prüfung. Der Modus wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.			

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, bei Bedarf auch 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

Weitere Angaben werden jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet bekannt gegeben.

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

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

Variationsrechnung					VR
Studiensem. 1	Regelsem. 2	Turnus unregelmäßig	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9
Modulverantwortliche(r)		M. Fuchs			
Dozent(inn)en		Dozenten der Mathematik			
Zuordnung zum Curriculum		Nicht-physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Analysis I – III, Lineare Algebra I + II (empfohlen)			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Regelmäßige, aktive Teilnahme an der Vorlesung und an den begleitenden Übungen; Abschlussprüfung.			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)			
Arbeitsaufwand		60 h Kontaktzeit für die Vorlesung, 30 h Kontaktzeit in den Übungen, 180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h.			
Modulnote		Durch die Klausur(en) oder mündliche Prüfung. Der Modus wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.			

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, bei Bedarf auch 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)

Weitere Angaben werden jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet bekannt gegeben.

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

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

Modul Funktionalanalysis I					Abk.
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 2	Turnus Jährlich	Dauer 1 Semester (WS)	SWS 6	ECTS-Punkte 9

Modulverantwortliche/r Eschmeier, Speicher

Dozent/inn/en Dozenten der Mathematik

Zuordnung zum Curriculum Nicht-physikalische Wahlpflicht

Zulassungsvoraussetzungen Analysis I – III, Lineare Algebra I + II (empfohlen)

Leistungskontrollen / Prüfungen Regelmäßige, aktive Teilnahme an der Vorlesung und an den begleitenden Übungen; Abschlussprüfung

Lehrveranstaltungen / SWS Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)

Arbeitsaufwand 60 h Kontaktzeit für die Vorlesung,
30 h Kontaktzeit in den Übungen,
180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h

Modulnote Durch Klausur(en) oder mündliche Prüfung.
Der Modus wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.

Inhalt

- Grundlagen der Topologie
- Normierte Räume, Banachräume, Räume von Operatoren, Banachalgebren
- Dualräume, Satz von Hahn-Banach, schwache Topologien, Reflexivität
- Sätze von der offenen Abbildung und das Prinzip von der gleichmäßigen Beschränktheit
- Kompakte Operatoren, Fredholmoperatoren
- Operatoren auf Hilberträumen
- Analytischer Funktionalkalkül
- C*-Algebren und Spektralsatz für normale Operatoren

Beherrschung der grundlegenden funktionalanalytischen Methoden, Prinzipien und Techniken.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch, bei Bedarf auch englisch

Literaturhinweise:

W. Rudin: Functional Analysis, Mc-Graw-Hill, 1991.

H. Schröder, Funktionalanalysis, Akademie-Verlag, Berlin 1997.

Weitere Angaben 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.

Modul Grundlagen der Materialchemie					Abk. MatChem I
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 6

Modulverantwortliche/r	Kickelbick
Dozent/inn/en	Kickelbick, Kraus,
Zuordnung zum Curriculum	Nicht-physikalische Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Modul AAI Praktikum PKG: ACI, AnII, OCIII
Leistungskontrollen / Prüfungen	Abschlussklausur zur Vorlesung (benotet), Seminarvortrag (unbenotet); Praktikum: Testat, Protokolle (unbenotet)
Lehrveranstaltungen / SWS	MaC01 Einführung in die Materialchemie, 2V + 1S PKG Praktikum Kolloide und Grenzflächen, 3 P
Arbeitsaufwand	MaC01 Vorlesung: 7,5 Wochen, 4 SWS 30 h Vor- und Nachbereitung, Prüfung 45 h (zus. 2,5 CP) MaC01 Seminar: 7,5 Wochen, 2 SWS 15 h Vor- und Nachbereitung, Prüfung 15 h (zus. 1 CP) PKG 3 Wochen Blockpraktikum 55 h Vor-/Nachbereitung 20 h (zus. 2,5 CP) Summe: 180 h (6 CP)
Modulnote	Note der Klausur. Praktikum und Seminar unbenotet.

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden erwerben Kenntnisse in Kernbereichen der Materialchemie und Materialwissenschaften:

MaC01:

- Überblick über chemische Bindungen und ihr Einfluss auf Materialeigenschaften
- Verständnis von fundamentalen chemischen Ansätzen zur Synthese von Materialien
- Vergleich verschiedener Methoden zur Charakterisierung von Materialien
- Überblick zur molekularen Materialchemie
- Verständnis der Chemie von Funktionswerkstoffen
- Eigenständiges Erarbeiten eines materialchemischen Themas und Präsentation vor dem Auditorium

PKG:

- Verständnis disperser Systeme mit Partikeln verschiedener Größenbereiche
- Synthese von Nanopartikel-Suspensionen auf unterschiedlichen Wegen
- Verständnis des kolloidalen Verhaltens von Partikeln
- Relevanz von Grenzflächen in dispersen Systemen
- Charakterisierung von Suspensionen durch optische Spektroskopie und Streuung
- Kennenlernen technischer Anwendungsbereiche disperser Partikel
- Präparation von Materialien und Schichten aus Partikeln
- Kennenlernen der elektronenmikroskopischen Untersuchung von Partikeln

Inhalt

MaC01 *Einführung in die Materialchemie mit Seminar (3,5 CP):*

- Ionische, kovalente und metallische Bindungsbeschreibung und die Auswirkung auf Materialeigenschaften
- Prinzipien der Synthese von Materialien an ausgewählten Materialklassen (z.B. anorganische nichtmetallische Feststoffe)
- Unterschiede in der Synthese von Materialien in Abhängigkeit der Aggregatzustände
- Materialcharakterisierung von Feststoffen und Flüssigkeiten: Möglichkeiten und Grenzen: Röntgenbeugung, Röntgenstreuung, bildgebende Verfahren, NMR-, IR-, Raman-Spektroskopie, thermische Verfahren, Kopplungstechniken)
- Molekulare Materialchemie: Rolle der Gestalt von Molekülen, chemische Reaktivität, Selbstanordnungsphänomene, Kristallisation
- Chemie von ausgewählten Funktionswerkstoffen: Gläser, Hochleistungskeramiken, Membrane, optische und photonische Materialien, Oberflächenchemie von Materialien, Biomaterialien, Nanomaterialien

PKG *Praktikum Kolloide und Grenzflächen (2,5 CP):*

5 Gruppen von Experimenten:

- Siliziumdioxidpartikel: Synthese, Modifikation, Charakterisierung, Herstellung eines Opals
- Goldpartikel: Synthese, Modifikation, Charakterisierung, Agglomeration
- Halbleiterpartikel: Synthese, Fluoreszenzeigenschaften, Einbau in ein Nanokomposit
- Titandioxidpartikel: Synthese, Extraktion aus Sonnencreme, Charakterisierung, Photokatalyse
- Keramische und andere Partikel: Rheologie von Schlickern, Rus, Aktivkohle

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch (Unterlagen vielfach auf Englisch)

Literaturhinweise:

MaC01:

Vorlesung auf Powerpoint-Folien (zum Download im Internet zugänglich).

Introduction to Materials Chemistry, H.R. Allcock, Wiley

Materials Chemistry, B.D. Fahlman, Springer

Understanding Solids – The Science of Materials, R. Tilley, Wiley

PKG:

D. F. Evans and H. Wennerstrom, „The colloidal domain: where physics, chemistry, biology, and technology meet“, 2nd edition, Wiley, 1999.

R. Jelinek, „Nanoparticles“, 1st edition, De Gruyter, 2015.

G. Schmid: „Nanoparticles : from theory to application“, 2nd edition, Wiley, 2010.

T. F. Tadros, „Interfacial Phenomena and Colloid Stability: Basic Principles“, 1st edition, De Gruyter, 2015.

Anmeldung zum Praktikum per email: praktikum-kolloide@uni-saarland.de

Modul Objektorientierte Sprachen und generische Programmierung ITG2 (ab WS 21/22)					Abk. ITG2
Studiensem.	Regelstudiensem	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
Ba 5, Ma 1	Ba 5, Ma 1	WS	1 Sem.	6	9

Modulverantwortliche/r	Hoffmann
Dozent/inn/en	Hoffmann, N.N.
Zuordnung zum Curriculum	Master-Physik, nicht-phys. Wahlpflicht, Bachelor Physik, Wahlpflichtbereich
Zulassungsvoraussetzungen	keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur und/oder Projektarbeiten
Lehrveranstaltungen / SWS	3V 3Ü
Arbeitsaufwand	- Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen à 3 SWS 45 h - Präsenzzeit Übung: 5 Wochen à 3 SWS 45 h - Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Projekt- und Klausurvorbereitung 180 h Summe 270 h
Modulnote	benotet

Lernziele/Kompetenzen

Die Veranstaltung vermittelt fundierte theoretische und praktische Kenntnisse aus den Bereichen objektorientierte Programmiersprachen (OOP) und generische Programmierung (GP), sowie elementare Grundlagen über Software Design Pattern (SDP) und über theoretische Informatik (lexikalische und syntaktische Analyse, Datenstrukturen, Algorithmen).

Kenntnisse in OOP, GP und vor allem in SDP stellen fundamentale und außerordentlich nützliche Hilfsmittel bzgl. Algorithmen und Datenstrukturen bei der Implementierung komplexer physikalischer Probleme dar (Simulationen).

Vorkenntnisse: die Kenntnis einer Programmiersprache ist hilfreich in einer Vorlesung über objektorientierte Programmierung, ist aber keine notwendige Bedingung, da wir mit C++ bei „Null“ beginnen.

Aus dem Inhalt:

- Theorie und Praxis objektorientierter Programmiersprachen
- Generische Programmierung (Templates, Traits, Constraints, Concepts, SDP)
- Software Design Pattern: „Das richtige Klassen-Konzept für jede Problemkategorie“
- Algorithmen und Datenstrukturen: Deterministische und nicht-deterministische Programmierung, Parallelisierung und Nebenläufigkeit...
- Grundlagen der theoretischen Informatik (Grammatiken, Sprachen, Parser, Code-Generierung)
- Optionale Themen (Linux-Kernelmodule und Device-Treiber, Assembler, Informationstheorie)

Weitere Informationen

Für weitere Fragen: <https://alpha.lusi.uni-sb.de/chhof>

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Es existiert ein ausführliches, umfangreiches und quasikontinuierlich aktualisiertes Skript inkl. sämtlicher Materialien (Aufgaben, Lösungen, Codes, Datenblätter, Literatur, ...) als Attachments unter

<https://alpha.lusi.uni-sb.de/chhof/Skript.pdf>

Modul Digitalelektronik und digitales Schaltungsdesign (ITG 3) (ab WS 21/22)					Abk. ITG 3
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	SS	1 Sem.	6	9
Modulverantwortliche/r		Hoffmann			
Dozent/inn/en		Hoffmann, N.N			
Zuordnung zum Curriculum		Master-Physik, Nicht-physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formale Voraussetzungen			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Klausur und/oder Projektarbeiten			
Lehrveranstaltungen / SWS		3V 3Ü			
Arbeitsaufwand		- Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen à 3 SWS			45 h
		- Präsenzzeit Übung: 15 Wochen à 3 SWS			45 h
		- Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung			180 h
		Summe			270 h
Modulnote		Benotet			

Lernziele/Kompetenzen

Lernziele: Vermittelt werden breitgefächerte und anwendungsnahe (Grund-)Kenntnisse aus den Gebieten Analog- und Digitalelektronik, sowie analoge und digitale Schaltungstechnik. Dabei steht die Entwicklung einer vollständigen 8-Bit CPU und deren Implementierung auf einem FPGA am Ende der Veranstaltung. Die dazu notwendigen Grundlagen der Automatentheorie, Digitalelektronik und Rechnerarchitektur werden erarbeitet.

Kompetenzen: Wesentliches Ziel ist die Entwicklung des physikalischen Verständnisses für elektronische und elektrotechnische Zusammenhänge und deren Übertragung auf allgemeine physikalische Systeme, sowie die Umsetzung praktischer Mess-, Steuer- und Regeltechniken mit Mitteln der Analog- bzw. Digitalelektronik.

Weitere Kompetenzen: Die Handhabung typischer Messgeräte wie Oszilloskop, Spektrum-Analyzer und Logic-Analyzer zur Analyse und Fehlersuche wird in einer Vielzahl praktischer Aufgaben eingeübt. Damit soll die Veranstaltung eine wesentliche Lücke zwischen der theoretisch-physikalischen Ausbildung und den Anforderungen der experimentellen Arbeit schließen.

Vorkenntnisse: Elementare mathematische und physikalische Kenntnissen der ersten beiden Bachelor-Semester sind hilfreich aber nicht notwendig. Insbesondere sind keine Programmierkenntnisse nötig.

Inhalt

Einige der Themen sind obligatorisch, einige optional und werden je nach Interessen und Wünschen der Teilnehmer behandelt.

- Grundlagen Analogelektronik: Lineare Systemtheorie, Laplace-Transformation und komplexe Übertragungsfunktion, lineare und nichtlineare elektronische Bauelemente und Kleinsignalanalyse (physikalisch: lineare Störungstheorie)
- Digitalelektronik: Gatter, Boolesche Logik, kombinatorische und sequentielle Schaltungstechnik
- Arbeiten mit Oszilloskop, Spektrum-Analyzer, Logic-Analyzer, etc.
- Entwicklung einer 8-Bit CPU in Verilog und Implementierung auf FPGA

Weitere Informationen

Für weitere Fragen: <https://alpha.lusi.uni-sb.de/chhof>

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Es existiert ein ausführliches, umfangreiches und quasikontinuierlich aktualisiertes Skript inkl. sämtlicher Materialien (Aufgaben, Lösungen, Codes, Datenblätter, Literatur, ...) als Attachments unter

<https://alpha.lusi.uni-sb.de/chhof/Skript.pdf>

Modul: NanoBioMaterialien (Neue Materialien)					Abkürzung
Studiensemester 1-2	Regelstudiensemester 2	Turnus jährlich	Dauer 2 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 6
Modulverantwortliche		Prof. Eduard Arzt			
Dozent/inn/en		Arzt und Dozenten des INM,			
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht]		nicht-physikalische Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen zur Modulprüfung		Keine			
Prüfungen		Mündl. Prüfung			
Lehrveranstaltungen		Vorlesung NanoBioMaterialien 1 (2V im WS) Vorlesung NanoBioMaterialien 2 (2h im SS)			
Arbeitsaufwand		Nano/Biomaterialien 4 SWS: 60 h Vor- Nachbereitung, mündl. Prüfungen 120 h Summe: 180 h (6 CP)			
Modulnote		Note der Prüfung			
Lernziele/Kompetenzen					
Erlernen der größenabhängigen Eigenschaften auf Nanoebene und ihrer Anwendung für spezifische Materialien Industrielle Bedeutung und Verfahren der Nanobiomaterialien Herstellung und Charakterisierung einfacher Materialien					
Inhalte					
<u>Vorlesung Nano/Biomaterialien 1 und 2</u> Herstellung von Nanopartikeln Nanokomposite Polymere Oberflächenstrukturen Biologische Materialien Nanopartikel in biologischer Umgebung Nanotribologie Mikro/Nanometalle Nanoanalytik II– Mikroskopie Komposit-Materialien für die Optik Schutzschichten PVD/CVD Processes and Biomedical Coatings Biominalisation					
Weitere Informationen					
Unterrichtssprache: Deutsch/Englisch					
Literaturhinweise: werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.					

Modul Sprachkurse (Niveau mindestens B1, Englisch mindestens C1)					Abk.
Studiensem. 1-6	Regelstudiensem. 6	Turnus Jedes Semester	Dauer 1 Sem.	SWS 2-4 & indiv.	ECTS-Punkte Max. 4

Modulverantwortliche/r	Dr. Peter Tischer, Leiter des Sprachenzentrums
Dozent/inn/en	https://www.szs.uni-saarland.de/personal.html
Zuordnung zum Curriculum	Master Physik, nicht-physikalische Wahlpflicht (einbringbar bei Niveau mindestens B1, für Englisch mindestens C1)
Zulassungsvoraussetzungen	Für Anfänger: keine Französisch, Englisch, Spanisch: Obligatorischer Einstufungstest Fortgeschrittenenkurse: Nachweise über belegte Kurse bzw. Gespräche mit dem Dozenten
Leistungskontrollen / Prüfungen	Abschlussklausur und Anwesenheit beim Unterricht (mindestens 80%)
Lehrveranstaltungen / SWS	Seminar mit 2 -4 SWS, eigenständiges Lernen mit monatlichen Treffen und 4wöchige Intensivkurse mit 4 h Unterricht täglich. Gruppe von 6 – 40 Studierenden
Arbeitsaufwand	2 SWS: 90 h = 30 h Seminar und 60 h Eigenstudium 4 SWS: 180 h = 80 h Seminar und 100 h Eigenstudium
Modulnote	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