

Modulhandbuch

Bachelorstudiengang Physik

20. April 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs	4
1.1	Experimentalphysik	4
1.2	Theoretische Physik	19
1.3	Mathematik	26
1.4	Bachelorarbeit	29
2	Zusätzliche Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i>	32
3	Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs I) Jährlich angebotene Module	33
3.1	Fachgebietsübergreifende Module	33
3.2	Astrophysik und Kosmologie	45
3.3	Kern- und Elementarteilchenphysik	60
3.4	Festkörperphysik	81
3.5	Laser-, Plasma- und Atomphysik sowie Quantenoptik	102
3.6	Angewandte Physik	118
3.7	Biophysik	154
4	Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs: II) Unregelmäßig oder zweijährlich angebotene Module	167
4.1	Fachgebietsübergreifende Module	167
4.2	Astrophysik und Kosmologie	203
4.3	Kern- und Elementarteilchenphysik	227
4.4	Festkörperphysik	239
4.5	Laser-, Plasma- und Atomphysik sowie Quantenoptik	254
4.6	Angewandte Physik	260
5	Module zu Schlüsselqualifikationen	267
6	Nebenfachmodule	271
6.1	Nebenfach Astronomie	271
6.2	Nebenfach Elektronik	275
6.3	Nebenfach Didaktik der Physik	279
7	Exportmodule	282
7.1	Vorlesungen	282
7.2	Praktika	294
	Index 1: Modulkürzel	302
	Index 2: Modultitel	303

Erläuterungen zu den Einträgen:

- Zur Unterscheidung Pflicht/Wahlpflichtmodul und Pflicht/Wahlpflichtveranstaltung:
Es gibt Pflicht- und Wahlpflichtmodule, wobei erstere als Module absolviert werden müssen, auch wenn sie sich ihrerseits aus Wahlpflichtveranstaltungen aufbauen. Pflicht- und Wahlpflichtmodule sind im Modulhandbuch in unterschiedlichen Abschnitten aufgeführt. Innerhalb eines Moduls kann es — unabhängig vom Charakter des Moduls selbst — Pflicht- und Wahlpflichtlehrveranstaltungen geben, wobei im Fall von Modulen aus einer einzigen Veranstaltung diese notwendigerweise Pflicht sein muss. Pflicht- und Wahlpflichtlehrveranstaltungen eines Moduls sind im Modulhandbuch durch den Eintrag “Pf/WP” charakterisiert.
- SWS-Angaben beziehen sich stets auf das gesamte Semester, weswegen bei untersemestrigen Lehrveranstaltungen die wöchentliche Angabe mit dem Verhältnis aus der Zahl der Wochen, in der die Veranstaltung tatsächlich abgehalten wird, und der Normwochenzahl eines Semesters (15 sowohl für Winter- als auch für Sommersemester) multipliziert wird. Die resultierende Zahl wird dann auf die nächstliegende ganze Zahl gerundet.
- Die Verwendbarkeit eines Moduls für einen Studiengang bezieht sich auf die vorliegende Zulassung des Moduls für einen Studiengang, nicht auf seine thematische Verwendbarkeit in einem Studiengang.
- Die Zuordnung einer Lehrveranstaltung zu einem Fachsemester bezieht sich auf Studierende, die das Studium im Wintersemester aufnehmen und gemäß Studienverlaufsplan in der Regelstudienzeit durchlaufen. Die Fachsemester 1,3,5 implizieren daher stets das Angebot der entsprechenden Lehrveranstaltung im WS, die Fachsemester 2,4,6 das Angebot im SoSe.
- Falls eine Lehrveranstaltung in unterschiedlichen Fachsemestern besucht werden kann, ist dies in der Semesterzuordnungstabelle mit Kreuzen bei mehreren Semestern charakterisiert. Falls der Besuch in einem dieser Fachsemester nicht dem offiziellen Studienverlaufsplan entspricht, ist das entsprechende Kreuz eingeklammert.
- Unterrichtssprache Deutsch oder Englisch = Modul wird grundsätzlich auf Deutsch abgehalten, auf Wunsch der Studierenden wird zur Unterrichtssprache Englisch übergegangen
- Unterrichtssprache Englisch oder Deutsch = Modul wird grundsätzlich auf Englisch abgehalten, auf Wunsch der Studierenden wird zur Unterrichtssprache Deutsch übergegangen

1 Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs

1.1 Experimentalphysik

VEX1A	Experimentalphysik 1a: Mechanik (Experimental Physics 1a: Mechanics)	CP 6
Kontaktstudium: 70 h	Selbststudium: 110 h	SWS: 3
Inhalte		
<p>Mechanik: Massepunktnäherung, Kräfte, Gravitation, Newton'sche Gesetze, Bewegungsgleichung, Impuls- und Energieerhaltung, Stoßgesetze, trockene Reibung, Reibung im Fluid, harmonischer Oszillator (ungedämpft und gedämpft), starre Körper, Drehmoment, Drehimpuls, Bewegungsgleichung der Rotation, Drehimpulserhaltung, Scheinkräfte bei Rotation, Keplersche Gesetze.</p> <p>Hydrodynamik (diese Inhalte können aus Zeitgründen auch später, zum Beispiel zu Beginn der Elektrodynamik, wo sie auch zur Veranschaulichung von Vektorfeldern dienen können, gebracht werden): Quellen und Senken von Vektorfeldern, Kontinuitätsgleichung, Eulergleichung, Bernoulligleichung, Strömung in Röhren, Wirbel, Oberflächenspannung.</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Das Modul ist das erste der Serie von vier Modulen der Experimentalphysik, das die klassische Physik behandelt. Es ist der Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper sowie Elementen der Hydrodynamik gewidmet. Da die Studierenden des ersten Semesters einen sehr heterogenen Bildungshintergrund haben, beginnt die Behandlung der Mechanik mit einer Wiederholung von Schulstoff und entwickelt daraus systematisch — veranschaulicht durch viele Demonstrationsexperimente — Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Mechanik und der allgemeinen Physik. Die Studierenden lernen, konsequent mit vektoriellen Größen zu operieren und Bewegungsvorgänge der Translation und Rotation durch die Aufstellung von Bewegungsgleichungen und deren Lösung zu analysieren. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung der Fallbeispiele. Darüber hinaus werden in den Übungen auch die "Soft Skills" des wissenschaftlichen Diskutierens und des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt. Die in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse werden in den Folgesemestern in den Praktika und in der Theorievorlesung VTH2 vertieft.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
keine		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Roskos	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen	

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, unbenotet bestehend aus:	mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentalphysik 1a: Mechanik (Experimental Physics 1a: Mechanics) (die Lehrveranstaltung erstreckt sich in der Form V5+Ü2 über zwei Drittel des Semesters)	V+Ü	3	6	Pf	X					
Summe		3	6							

VEX1B	Experimentalphysik 1b: Thermodynamik (Experimental Physics 1b: Thermodynamics)		CP 4
Kontaktstudium: 35 h	Selbststudium: 85 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Die Vorlesung Thermodynamik leitet makroskopische Zustandsgrößen ab, durch die Wärme als eine besondere Form der Energie behandelt werden kann und zeigt die Zusammenhänge auf, durch die sich Wärme in Arbeit überführen lässt. Die Inhalte werden auch anhand von zahlreichen Experimenten verdeutlicht. Kenntnisse über folgende Begriffe und Themen werden vermittelt: Temperatur und Druck und ihre Messung, Aggregatzustand, Wärme, molekulare Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung, Thermografie, Zustandsdiagramme, Zustandsgrößen (p, V, T), ideales Gas, kinetische Gastheorie, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Gleichverteilungssatz, Regel von Dulong-Petit, Zustandsgleichung, spezifische Wärme, barometrische Höhenformel, Partialdruck, Osmose, Zustandsänderungen (reversibel/irreversibel, adiabatisch/isotherm/isobar/isochor), Gleichgewicht/Nichtgleichgewicht, Entropie und Wahrscheinlichkeit, Hauptsätze, Kreisprozesse, Wärmekraftmaschinen, Kältemaschinen und Wärmepumpen, reale Gase, Phasenumwandlung (van der Waals-Gleichung), Dampfdruckkurve, Gibbsche Phasenregel, Plancksches Strahlungsgesetz.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Das Modul — das zweite der Experimentalphysikserie zur klassischen Physik — beschäftigt sich mit den Grundlagen der Thermodynamik. Im Gegensatz zur Mechanik müssen die Studierenden jetzt lernen, mit statistischen Beschreibungen von Teilchenensembeln im thermodynamischen Gleichgewicht und bei (reversiblen) Zustandsänderungen umzugehen. Dieser begriffsbildende Teil der Vorlesung macht im wesentlichen vom Modellsystem des idealen Gases Gebrauch. Die Temperatur wird als Maß für die mittlere kinetische Translationsenergie der Teilchen eingeführt, der Druck als Ergebnis von Impulsüberträgen bei Stößen mit der Wand. Die wichtige Größe der Entropie wird vorgestellt und ihre Bedeutung für die Beschreibung von Zustandsänderungen herausgearbeitet. Neben diesen konzeptionellen Aspekten werden wichtige experimentelle Kenntnisse — unterstützt durch viele Demonstrationsexperimente — vermittelt. So werden Methoden der Messung von Temperatur und Druck vorgestellt, die Bestimmung von Wärmekapazitäten illustriert und verschiedene Arten von Zustandsänderungen und Kreisprozessen diskutiert und vorgeführt. Vom Modellsystem des idealen Gases zu realen Gasen übergehend, werden grundsätzliche Aspekte von Phasenumwandlungen herausgearbeitet. Aus zeitlichen Gründen nicht oder nur am Rande behandelt werden Materialaustauschprozesse und Stoffumwandlungen bei Zustandsänderungen, wie sie bei chemischen Reaktionen und bei Verbrennungsmotoren auftreten. Die in der Vorlesung erarbeiteten Grundlagen werden später im Anfängerpraktikum experimentell angewendet und in der Theorievorlesung VTH5 mathematisch-theoretisch vertieft.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			

VEX2	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik (Experimental Physics 2: Electrodynamics)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
Veranschaulichung von Vektorfeldern anhand hydrodynamischer Beispiele, Elektrostatik, Potential und potentielle Energie, Satz von Gauß, Faraday-Käfig, van-de-Graaff-Generator, Feldelektronenmikroskop, Kondensator, Dielektrika, elektrischer Strom, Ohmsches Gesetz (mikroskopisch und makroskopisch), Kirchhoffsche Gesetze, Magnetostatik, magnetische Materialeigenschaften, Halleffekt, Ampereschtes Gesetz, Biot-Savart-Gesetz, Spule, Elektromotor, magnetische Induktion, Wirbelströme, Magnetismus, zeitlich veränderliche Felder, komplexer Widerstand, Rolle der Phase, Transformator, Schwingkreis, Maxwellsche Gleichungen, elektromagnetische Wellen, Dipolstrahlung, Wellenleiter und Resonatoren, Lorentztransformation der Felder.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul behandelt die klassische Physik. Die Studierenden lernen Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Physik veranschaulicht durch viele Demonstrationsexperimente kennen. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung der Fallbeispiele. Darüberhinaus werden in den Übungen auch die "Soft Skills" des wissenschaftlichen Diskutierens und des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
keine			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			
Modulabschlussprüfung, benotet			

bestehend aus:	mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentalphysik 2: Elektrodynamik (Experimental Physics 2: Electrodynamics)	V+Ü	4+2	8	Pf		X				
Summe		6	8							

VEX3	Experimentalphysik 3: Optik, Atome und Quanten (Experimental Physics 3: Optics, Atoms and Quanta)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
<p><i>Experimentalphysik 3a: Optik:</i> Wellenoptik, ebene Wellen, Polarisation, elektromagnetische Wellen in Materie, komplexer Brechungsindex, Übergang von einem Material in ein anderes, Fresnel-Gleichungen, Interferenz, geometrische Optik, Fermatsches Prinzip, optische Abbildung, optische Instrumente, Beugung, beugungsbegrenztes Auflösungsvermögen, Grundzüge der Abbeschen Abbildungstheorie, quantenoptischer Ansatz, optisches Pumpen und Laserübergänge.</p> <p><i>Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten:</i> Größe und Nachweis von Atomen, das Photon, Photoeffekt, Comptoneffekt, Hohlraumstrahlung, Rutherfordstreuung, Teilchen als Wellen, Unschärferelation, Bohrsches Atommodell, Grundlagen der Quantenmechanik, Wellenfunktion, Schrödingergleichung, Potentialkasten, harmonischer Oszillator, Tunneleffekt, Quantenmechanik des Wasserstoffatoms, Spin, Feinstruktur, Lambshift, Hyperfeinstruktur, Zeemaneffekt, Paschen-Back-Effekt, Stern Gerlach Experiment, Pauliprinzip, das H_2^+-Molekül</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Im Modul lernen Studierende den Paradigmenwechsel von der klassischen zur modernen Physik kennen. Dabei werden Kernkompetenzen abstrakter Problemlösung außerhalb unserer Alltagserfahrung vermittelt. Dieses Modul der experimentellen Physik erweitert den in den Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2</i> vermittelten Kanon von Schlüsselexperimenten und -phänomenen, die die Grundlage der technischen Kompetenz der Physikerin oder des Physikers bilden.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Dörner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	keine		
Prüfungsvorleistungen	keine		
Lehr- / Lernformen	Vorlesungen, Übungen		
Modulprüfung			
kumulative Modulprüfung			
bestehend aus:	Klausuren (45–120 Min.) oder mündliche Prüfungen (20–40 Min.) für alle Moduleile		

Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:	nach CP gewichtetes, arithmetisches Mittel der Einzelnoten									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentalphysik 3a: Optik (Experimental Physics 3a: Optics)	V+Ü	2+1	4	Pf			X			
Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten (Experimental Physics 3b: Atoms and Quanta)	V+Ü	2+1	4	Pf			X			
Summe		6	8							

VEX4A	Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen (Experimental Physics 4a: Nuclei and Elementary Particles)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
<p>Aufbau und Struktur der Atomkerne; Kernreaktionen: Spaltung, Synthese, Fusion; Kernkraft; Radioaktivität; Streuexperimente; Struktur des Protons; elementare Wechselwirkungen und Teilchen: Leptonen, Hadronen, Quarks, Austauscheteilchen; das Quarkmodell, das Standardmodell der Teilchenphysik; starke, schwache und elektromagnetische Wechselwirkung; Nachweismethoden: Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Experimente und Detektoren der Teilchenphysik; Astrokernphysik.</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Das Modul führt in die Physik der elementaren Bestandteile der Materie ein. Dabei wird ein zweigleisiges Konzept verfolgt. Zum einen die historische Entwicklung der Kernphysik des 20. Jahrhunderts aufgezeigt, die zu immer kleineren Strukturen vorstößt und schließlich bei den Quarks endet. Dabei liegt besonderes Gewicht auf den gesellschaftlich relevanten Themen Kernenergie und nukleare Waffentechnik. Zum anderen werden die elementaren Fermionen und Bosonen des Standardmodells von Beginn an genannt und deren fundamentale Wechselwirkungen durch Austausch von Teilchen schematisch anhand von vereinfachten Feynman-Graphen erläutert.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3</i>		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik, BSc Meteorologie	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Appelshäuser	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung	
Modulprüfung		
Modulabschlussprüfung, benotet		

bestehend aus:		mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)								
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen (Experimental Physics 4a: Nuclei and Elementary Particles)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		
Summe		3	4							

VEX4B	Experimentalphysik 4b: Festkörper (Experimental Physics 4b: Solids)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Einführung: Grundlagenforschung an Festkörpern und Festkörper in der technischen Anwendung, Chemische Bindung, Aufbau kristalliner Festkörper, Streuung an periodischen Strukturen, reziprokes Gitter, Modell freier Elektronen, Bändermodell, Metalle und Isolatoren, Grundvorstellungen Supraleiter/Halbleiter, experimentelle Methoden der Festkörperphysik. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Studierenden werden mit einigen grundlegenden Gesetzmäßigkeiten und Formalismen vertraut gemacht, die sich aus der periodischen Anordnung von Atomen/Molekülen im kristallinen Festkörper ergeben. Dabei werden einfache Modelle und Konzepte vorgestellt, die zu einem qualitativen Verständnis wesentlicher Festkörpereigenschaften führen. Die Vorlesung zielt darauf ab, das Abstraktionsvermögen der Studierenden zu schärfen und ihnen ein Gerüst an die Hand zu geben, das sie in die Lage versetzt, grundlegende Phänomene der Festkörperphysik einzuordnen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik, BSc Meteorologie		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Lang		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			
Modulabschlussprüfung, benotet			

bestehend aus:	mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentalphysik 4b: Festkörper (Experimental Physics 4b: Solids)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		
Summe		3	4							

PEX1	Anfängerpraktikum 1 (Basic Lab Class 1)				CP 8					
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 180 h		SWS: 4							
Inhalte										
Versuche zur Mechanik, Optik, Wärmelehre										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Im diesem Modul erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1</i> oder <i>Experimentalphysik 2</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, L3 Physik									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Jacoby									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme am Praktikum									
Leistungsnachweise	Abgabe von Praktikumsprotokollen									
Lehr- / Lernformen	Praktikum									
Modulprüfung										
keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Anfängerpraktikum 1 (Basic Lab Class 1)	P	4	8	Pf		X				
Summe		4	8							

PEX2	Anfängerpraktikum 2 (Basic Lab Class 2)				CP 8	
Kontaktstudium: 60 h		Selbststudium: 180 h		SWS: 4		
Inhalte						
Versuche zur Elektrizitätslehre						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
Im diesem Modul erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Kenntnis des Inhalts der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1</i> oder <i>Experimentalphysik 2</i> ist hilfreich, aber nicht zwingend erforderlich, sofern das Modul <i>Experimentalphysik 2</i> (VEX2) begleitend zum Praktikum (PEX2) absolviert wird.						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, L3 Physik				
Häufigkeit des Angebots		jedes Semester				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Jacoby				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch				
Studiennachweise						
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme am Praktikum				
Leistungsnachweise		Abgabe von Praktikumsprotokollen				
Lehr- / Lernformen		Praktikum				
Modulprüfung						
keine						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Anfängerpraktikum 2 (Basic Lab Class 2)		P	4	8	Pf	
Summe			4	8		

PEXF	Fortgeschrittenenpraktikum (Advanced Lab Class)				CP 12					
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 270 h		SWS: 6							
Inhalte										
Versuche aus den Themenkreisen: Hall-Effekt und Bandstruktur, Optisches Pumpen, Supraleitung und Phasenübergänge, Magnetische Hysterese, Filtern im Fourierraum, Hochfrequenzresonatoren, Ultrahochvakuum und Massenspektrometer, Volumenplasma, Multipol-Magnetfeldanalyse, digitale Steuerung, Mößbauer-Effekt, Röntgenfluoreszenz, β -Spektrometer, Ionisationskammer, γ - γ -Spektroskopie, Blitzlichtfotolyse, IR-Spektroskopie										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Das Praktikum vermittelt experimentelle Fertigkeiten aus mehreren Gebieten der modernen Physik. Es wird Teamarbeit im Labor eingeübt. Vermittelt wird auch die Protokollierung von Laborarbeit, die Dokumentation und die kritische Evaluation von experimentellen Daten.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4, Anfängerpraktikum 1-2</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Krellner									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise										
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme am Praktikum								
Leistungsnachweise		Abgabe von Praktikumsprotokollen und/oder Seminarvortrag								
Lehr- / Lernformen	Praktikum									
Modulprüfung										
keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Fortgeschrittenenpraktikum (Advanced Lab Class)	P	6	12	Pf					X	
Summe		6	12							

1.2 Theoretische Physik

VTH1	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik (Theoretical Physics 1: Mathematical Methods of Theoretical Physics)		CP 8
Kontaktstudium: 98 h	Selbststudium: 142 h	SWS: 6.5	
Inhalte			
Vektorrechnung (Beispiel: Newtonsche Bewegungsgleichungen, Kreisbewegung, Drehimpuls), lineare Differentialgleichungen, komplexe Zahlen (Beispiel: harmonischer Oszillator), elementare Vektoranalysis und Kurvenintegrale (Beispiel: konservative Kräfte), krummlinige Koordinaten, Koordinatentransformationen (Beispiel: Galilei-Transformation, Scheinkräfte), Matrizen (Beispiel: Drehmatrizen, spezielle Relativitätstheorie), einfache Eigenwertprobleme.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul legt die mathematischen Grundlagen für alle weiteren Vorlesungen der theoretischen Physik. Die Studierenden lernen die wichtigsten Techniken zur Lösung der physikalischen Grundgleichungen in praktischen Problemen aus der Mechanik. Außerdem werden die physikalischen Grundkonzepte für die Beschreibung der Natur eingeführt, wie Raum und Zeit, Naturgesetze als Differentialgleichungen und typische Abstraktionen der Physik wie Punktteilchen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
keine			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Wagner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen oder mündliche Prüfung oder Klausur, unbenotet		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretische Physik (Theoretical Physics 1: Mathematical Methods of Theoretical Physics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf	X					
Summe		6.5	8							

VTH2	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik (Theoretical Physics 2: Classical Mechanics)				CP 8					
Kontaktstudium: 98 h	Selbststudium: 142 h		SWS: 6.5							
Inhalte										
Newtonsche Bewegungsgleichungen, Erhaltungssätze, Keplerproblem, Lagrangesche und Hamiltonsche Formulierung der Mechanik, Poisson-Klammern, starrer Körper, kräftefreier Kreisel, gekoppelte Oszillatoren, klassische Feldtheorie (schwingende Saite).										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
In diesem Modul wird die klassische Mechanik auf einem höheren Abstraktionsniveau behandelt. Die Studierenden lernen die Anwendung generalisierter Koordinaten sowie die Formulierung der Bewegungsgleichungen im Phasenraum oder als Variationsprobleme. Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Diskussion komplexer theoretischer Zusammenhänge. In den Übungen wird das Lernen in der Gruppe und die Vermittlung eigenen Wissens erlernt.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltung <i>Theoretische Physik 1</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Greiner									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet	mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
bestehend aus:										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik (Theoretical Physics 2: Classical Mechanics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf		X				
Summe		6.5	8							

VTH3	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik (Theoretical Physics 3: Classical Electrodynamics)				CP 8					
Kontaktstudium: 98 h	Selbststudium: 142 h		SWS: 6.5							
Inhalte										
Elektrostatik, Magnetostatik, elektromagnetische Wellen, Maxwellsche Gleichungen und ihre Anwendung, Poynting-Satz und Maxwell-Tensor, Eichung, Elemente der theoretischen Optik, Hohlleiter, Antennen, Lagrange-Formulierung, spezielle Relativitätstheorie der elektromagnetischen Phänomene. Mathematische Methoden: orthogonale Funktionensysteme, spezielle Funktionen, partielle Differentialgleichungen, Greensfunktionen, Residuensatz.										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
In diesem Modul wird mit der klassischen Elektrodynamik eine erste Bekanntschaft mit Feldtheorien vermittelt. Die Studierenden lernen die Grundlagen der Lösungen partieller Differentialgleichungen, spezielle Funktionen und die relativistische Formulierung der Theorie inklusive der Konsequenzen des relativistischen Weltbildes in Bezug auf die Raumzeit und Kausalität.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–2</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Rischke									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet										
bestehend aus:	mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik (Theoretical Physics 3: Classical Electrodynamics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf			X			
Summe		6.5	8							

VTH4	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik (Theoretical Physics 4: Quantum Mechanics)				CP 8					
Kontaktstudium: 98 h	Selbststudium: 142 h		SWS: 6.5							
Inhalte										
mathematische Grundlagen, Schrödingergleichung, Matrizenformulierung, Messprozess und Unschärfe, Zeitentwicklung, eindimensionale Probleme, harmonischer Oszillator und Wasserstoffatom, Störungstheorie, Spin										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
In diesem Modul wird die Quantenmechanik als wichtigster Bestandteil der modernen Physik vorgestellt. Neben dem mathematischen Apparat und den erkenntnistheoretischen Konsequenzen stehen die wichtigsten Anwendungen der elementaren Quantenmechanik im Vordergrund.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–3</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Kopietz									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet	mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
bestehend aus:										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 4: Quantenmechanik (Theoretical Physics 4: Quantum Mechanics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf				X		
Summe		6.5	8							

VTH5	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik (Theoretical Physics 5: Thermodynamics and Statistical Physics)				CP 8					
Kontaktstudium: 98 h	Selbststudium: 142 h		SWS: 6.5							
Inhalte										
Grunddefinitionen, Carnotprozess und Hauptsätze, thermodynamische Potentiale, Gleichgewichtsbedingungen, Phasenübergänge, Ergodentheorie, Mikro- und Makrozustände, Dichtematrix. Entropie, statistische Gesamtheiten, nichtwechselwirkende Gase, Quantenstatistik und entartete Quantengase, Bose-Einstein-Kondensation, Boltzmann-Gleichung.										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Anhand wichtiger Modellsysteme (e.g. klassisches ideales Gas, van-der Waals Zustandsgleichung, Spinsysteme, Bose- und Fermigase) erlernen die Studenten die Anwendung dieser Konzepte auf konkrete Problemstellungen und gewinnen Einblick in ihre Relevanz für moderne Entwicklungen in der Forschung (e.g. ultrakalte Quantengase).										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1-4</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik, BSc Meteorologie									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Hofstetter									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet										
bestehend aus:	mündliche Prüfung (20-40 Min.) oder Klausur (45-120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik (Theoretical Physics 5: Thermodynamics and Statistical Physics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf					X	
Summe		6.5	8							

Das Modul *Einführung in die Programmierung für Physiker* ist kein Pflichtmodul des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*.

PPROG	Einführung in die Programmierung für Studierende der Physik (Introduction to Programming for Physicists)				CP 4						
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 4								
Inhalte											
Einführung in Unix/Linux und eine Objekt-orientierte Programmiersprache, wie Fortran 2003, C++ oder Java, mit Anwendungen aus der elementaren Numerik, wie Rundung, Inter- und Extrapolation, Differentiation, Integration oder Eliminierung, oder physikalische Problemstellungen.											
Lernergebnisse/Kompetenzziele											
Studierende erlernen in der Vorlesung Programmieren und den Umgang mit Computern anhand einer Objekt-orientierten Programmiersprache, zusammen mit ersten Anwendungen. Das zugehörige Praktikum vermittelt praktische Fähigkeiten bei der Programmierung.											
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls											
keine											
Empfohlene Vorkenntnisse											
Inhalt der Lehrveranstaltungen <i>Mathematik für Studierende der Physik 1–2</i>											
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit		BSc Physik, BSc Biophysik									
Häufigkeit des Angebots		jährlich									
Dauer		einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Gros									
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch									
Studiennachweise											
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme am Praktikum									
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme am Praktikum sowie je nach Anzahl der Teilnehmer und Teilnehmerinnen eine mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder eine Klausur (45–120 Min.)									
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Praktikum									
Modulprüfung											
keine											
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
						1	2	3	4	5	6
Einführung in die Programmierung für Studierende der Physik (Introduction to Programming for Physicists)		V+P	2+2	4	Pf					X	
Summe			4	4							

1.3 Mathematik

VMATH1	Mathematik für Studierende der Physik 1 (Mathematics for Physicists 1)				CP 8					
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h		SWS: 6							
Inhalte										
Grundstrukturen: Reelle und komplexe Zahlen, Lineare Algebra I (Vektorräume, lineare Abbildungen, Matrizen, lineare Gleichungssysteme), Konvergenz und Stetigkeit, Differenzierbarkeit, Taylorreihe, Integral für (vektorwertige) Regelfunktionen, Weierstraßscher Approximationssatz und Fourier-Entwicklung. Fourierintegral.										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Das Modul vermittelt erste mathematische Grundkenntnisse für Physiker und Physikerinnen. Die Studierenden erlernen die Grundkonzepte der Mathematik. Als Kernkompetenzen werden abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung vermittelt. In den Übungen werden die "Soft Skills" Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
keine										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Weth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet										
bestehend aus:	Klausur (45–120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Mathematik für Studierende der Physik 1 (Mathematics for Physicists 1)	V+Ü	4+2	8	Pf	X					
Summe		6	8							

VMATH2	Mathematik für Studierende der Physik 2 (Mathematics for Physicists 2)				CP 8					
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h		SWS: 6							
Inhalte										
Lineare Algebra II (Determinanten, Eigenwerte, klassische Matrixgruppen, Exponentialabbildung für Matrizen), gewöhnliche Differentialgleichungen I, Grundlagen der mehrdimensionalen Differentialrechnung, Funktionentheorie vom Cauchy'schen Integralsatz zum Residuensatz										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Das Modul vertieft und erweitert mathematische Grundkenntnisse. Die Kernkompetenzen abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung werden weiter trainiert. In den Übungen werden die "Soft Skills" Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltung <i>Mathematik für Studierende der Physik 1</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Weth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet										
bestehend aus:	Klausur (45–120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Mathematik für Studierende der Physik 2 (Mathematics for Physicists 2)	V+Ü	4+2	8	Pf		X				
Summe		6	8							

VMATH3	Mathematik für Studierende der Physik 3 (Mathematics for Physicists 3)				CP 8					
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h			SWS: 6						
Inhalte										
Satz über implizit definierte Funktionen und Anwendungen, Differenzierbare Untermannigfaltigkeiten des euklidischen Raums, Vektoranalysis, Integration von Funktionen mehrerer Variabler und der Transformationsatz, Integralsätze, gewöhnliche Differentialgleichungen II (dynamische Systeme)										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Das Modul vertieft und erweitert mathematische Grundkenntnisse. Die Kernkompetenzen abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung werden weiter trainiert. In den Übungen werden die "Soft Skills" Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Mathematik für Studierende der Physik 1–2</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Weth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet										
bestehend aus:	Klausur (45–120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Mathematik für Studierende der Physik 3 (Mathematics for Physicists 3)	V+Ü	4+2	8	Pf			X			
Summe		6	8							

1.4 Bachelorarbeit

SBSC	Bachelorseminar (Bachelor Seminar)				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
Wechselnde Themen aus dem Bereich der experimentellen oder theoretischen Physik										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Das Modul zielt auf die eigenständige Erarbeitung und Präsentation eines Themas aus dem Bereich der experimentellen oder theoretischen Physik. Geübt wird die selbstständige Problemlösung und Informationsbeschaffung. Erlernt werden soll die Ausarbeitung einer mindestens halbstündigen Präsentation und das freie Vortragen eines komplexen fachlichen Themas vor einem sachkundigen Publikum ("Soft Skills").										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
Module VEX1A, VEX1B, VEX2, VEX3, VTH1, VTH2, VTH3, VMATH1, VMATH2										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3, Theoretische Physik 1-3, Mathematik für Studierende der Physik 1-2</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, BSc Biophysik									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Studiendekan Physik									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch je nach gewählter Arbeitsgruppe									
Studiennachweise										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme am Seminar									
Leistungsnachweise	Seminarvortrag, unbenotet									
Lehr- / Lernformen	Seminar									
Modulprüfung										
keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Bachelorseminar (Bachelor Seminar)	S	2	3	Pf						X
Summe		2	3							

BAP	Bachelorarbeit (Bachelor's Project)	CP 15
Kontaktstudium: 0 h	Selbststudium: 450 h	SWS:
Inhalte		
<p><i>Vorbereitung Bachelorarbeit:</i> Schon vor Ausgabe des Themas der Bachelorarbeit sollen die Studierenden sich mit den Methoden (Messmethoden, Computerwerkzeugen, etc) der Arbeitsgruppe vertraut machen.</p> <p><i>Bachelorarbeit:</i> Eigenständige wissenschaftliche Arbeit zu einem mit dem Betreuer bzw der Betreuerin vereinbarten Thema, unter Anleitung durch den Betreuer bzw die Betreuerin</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Das Modul dient einer eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit unter Anleitung. Erlernt wird das Anwenden des gelernten Wissens auf einen neuen Zusammenhang hoher Komplexität. In der Projektplanung wird die Strukturierung eines Problems geübt. In der Bachelorarbeit wird das Lösen eine vorgegebenen neuen Problems und das Verfassen eines wissenschaftlichen Textes geübt. Im Fall von Studierenden mit dem Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i> ist das Thema der Arbeit entsprechend §41 Abs. 2 der Studienordnung zu wählen.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
Zulassungsvoraussetzungen gemäß §43 Abs.2.		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1a,1b,2, Theoretische Physik 1-2</i> , weitere Pflicht- sowie Wahlpflichtveranstaltungen je nach Fachgebiet der geplanten Bachelorarbeit		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	permanent	
Dauer	3 Monate	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Studiendekan Physik	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch je nach gewählter Arbeitsgruppe	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	keine	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Dokumentation der im Praktikum Vorbereitung erfolgten Einarbeitung in das Fachgebiet des Projekts im Gespräch mit dem Betreuer bzw der Betreuerin	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise	
Lehr- / Lernformen	Praktikum, angeleitete wissenschaftliche Projektarbeit	
Modulprüfung		
Modulabschlussprüfung, benotet		

bestehend aus:	schriftliche Darstellung des Bachelorprojekts und seiner Ergebnisse in Form einer Bachelorarbeit									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Vorbereitung Bachelorarbeit (Preparation for Bachelor's Project)	P	2	3	Pf						X
Bachelorarbeit (Bachelor's Project)			12	Pf						X
Summe			15							

2 Zusätzliche Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*

Zusätzliche Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs mit dem Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie* sind die Module B-PRG1, B-PRG2, B-DS und B-HW1 des BSc-Studiengangs Informatik. Für die Teilnahme an diesen Importmodulen gelten die Regelungen des Herkunftsstudiengangs. Darüberhinaus ist das Pflichtmodul *Halbleiter- und Bauelementephysik* (Modul VHABAU aus dem Wahlpflichtangebot des BSc/MSc Physik) zu absolvieren.

3 Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs

I) Jährlich angebotene Module

(mit Ausnahme des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*)

3.1 Fachgebietsübergreifende Module

VHQM	Höhere Quantenmechanik (Advanced Quantum Mechanics)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
Grundlagen der relativistischen Quantenmechanik, Klein-Gordon-Gleichung, Dirac-Gleichung, Symmetrien in der Quantenmechanik, Vielteilchentheorien im Fock-Raum, Näherungsmethoden für wechselwirkende Quantenvielteilchensysteme, elementare Streutheorie.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Dieses Modul behandelt ausgewählte höhere Methoden der Quantenmechanik, wie sie für die moderne Physik grundlegend sind, insbesondere relativistische Quantenmechanik, Vielteilchentheorie, Symmetrien in der Quantenmechanik und Streutheorie. Damit werden die Studierenden befähigt, in ihren Abschlussarbeiten theoretische Probleme auf modernem Niveau anzugehen. Auf diese Weise werden insbesondere auch die Grundlagen für die Erweiterung der Quantenmechanik zur Quantenfeldtheorie gelegt.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2, Theoretische Physik 1-5</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Rischke		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VNONDIS	Nonlinearities and Dissipation in Classical and Quantum Physics				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
Konventionelle Methoden zur Beschreibung offener dissipativer Systeme, z.B. Langevin- und Fokker-Planck Gleichungen, verallgemeinerte Mastergleichung; alternative Wellenpaketansätze; nichtlineare Schrödingergleichungen, modifizierte Lagrange-/Hamilton-Formalismen, nichtunitäre Transformationen zwischen formalen und physikalischen Beschreibungsebenen.										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Konventionelle Methoden zur Beschreibung offener dissipativer Systeme wie effektive phänomenologische Gleichungen und System-plus-Reservoir-Ansätze werden ebenso wie nichtlineare Modifikationen der Schrödingergleichung diskutiert. Vermittlung tieferer Zusammenhänge.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–4</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schuch									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Nonlinearities and Dissipation in Classical and Quantum Physics	V	2	3	Pf						X
Summe		2	3							

VQTNON	Is Quantum Theory Intrinsically Nonlinear?				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
Nichtlinearitäten in konventioneller Quantenmechanik; Welle-Teilchen Aspekte bei Wellenpaketlösungen der zeitabhängigen Schrödingergleichung; dynamische Invariante; Zusammenhänge mit zeitabhängiger Green Funktion, Wigner Funktion, Supersymmetrie, ver- allgemeinerten Erzeugungs-/Vernichtungsoperatoren und Kohärenten Zuständen; entsprechende Beziehungen bei zeitunabhängiger Quantenmechanik, Bose-Einstein-Kondensaten, Nichtlinearer Dynamik, statistischer Thermodynamik, Kosmologie u.s.w..										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Nichtlineare Zusammenhänge in zeitabhängiger und zeitunabhängiger Quantenmechanik sollen aufgezeigt werden sowie deren Zusammenhang mit verschiedenen Formulierungen der Quantenmechanik, z.B. zeitabhängige Green-Funktion, Wigner Funktion, verallgemeinerte Erzeugungs-/ Vernichtungsoperatoren. Formale Analogien in Supersymmetrie, Nichtlinearer Dynamik, statistischer Thermodynamik, Kosmologie usw. werden erläutert. Vermittlung tieferer Zusammenhänge.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1-4</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schuch									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Is Quantum Theory Intrinsically Nonlinear?	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VTRANS	Transporttheorie (Transport Theory)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
Verteilungsfunktionen, Boltzmannsche kinetische Gleichung, Relaxationszeitnäherung, Transportkoeffizienten, kinetische Prozesse in externen Felder, Virial-Entwicklung, kinetische Theorie der Plasmen, Landau Dämpfung, Lorentz-Plasma, kinetische Koeffizienten in starken Magnetfeldern, elektromagnetische Wellen, Fermi-Flüssigkeiten, thermische Leitfähigkeit und Viskosität der Fermi-Flüssigkeiten, Schalldämpfung in Fermi-Flüssigkeiten, kinetische Gleichung für Bose Teilchen, Nichtgleichgewichts-Greensfunktionen, Fluktuations-Dissipations Theorem, statistischer Operator im Nichtgleichgewicht, Variationsrechnungen für Transportkoeffizienten, Anwendungen der Kubo Formel.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Das Modul vermittelt die Grundkonzepte der Transporttheorie von klassischen und Quantengasen, Fermi-Flüssigkeiten und Plasmen. Die Studierenden lernen die Grundgleichungen kennen und erwerben die Kompetenz, die Transporteigenschaften von Gasen und Plasmen unter verschiedenen Bedingungen zu analysieren. Es werden moderne theoretische Methoden wie Greensche Funktionen im Nichtgleichgewicht sowie Nichtgleichgewicht-Projektionsoperatoren vorgestellt und deren Anwendung anhand konkreter Beispiele illustriert.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Statistische Mechanik		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Rezzolla	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung	
Modulprüfung		

VHEX	Höhere Experimentalphysik (Advanced Experimental Physics)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
<p><i>Höhere Experimentalphysik 1:</i> Freie Elektronen und Ionen: Erzeugung freier Ladungsträger, Bewegung freier Ladungsträger in zeitabhängigen Feldern, Gasentladung, Plasmen, Plasmawellen Festkörperphysik: Metalle, klassisches Elektronengas, Fermi-Gas, Energiebänder, Wärmeleitung, Supraleitung, HF-Supraleitung, nichtlineare Dynamik und Stabilität</p> <p><i>Höhere Experimentalphysik 2:</i> Theorie und Experimente zur Elektrodynamik: Energiedichte und Energieströmung, zeitabhängige und statische magnetische und elektrische Felder, Elektromagnetische Wellen, Wellenleiter und Resonatoren, Hochfrequenzdiagnose Thermodynamik: Thermodynamische Systeme und Zustandsgrößen, Hauptsätze, kinetische Gastheorie, ideales Gas, Entropie und Gleichgewichtszustände, Aggregatzustände und Phasen</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>In diesem Modul sollen die Grundlagen der Elektrodynamik, Thermodynamik, Plasmaphysik und Festkörperphysik hauptsächlich durch Experimente veranschaulicht werden. Ziel dieses Moduls ist es, den Studierenden einen Zugang zu den unterschiedlichen physikalischen Systemen schwerpunktmäßig durch experimentelle Veranschaulichung zu geben. Durch das Vorführen und die Beteiligung an den Experimenten, die deutlich über dem Niveau der Grundvorlesungen liegen, sollen abstrakte Inhalte verständlicher und wichtige, elementare Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Bereichen der Physik hergestellt werden. Dadurch versteht sich die Vorlesung als Bindeglied zwischen den Basisvorlesungen im Grundstudium und den Spezialvorlesungen im Masterstudiengang.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen des Bachelorstudiums			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	zweimestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Podlech		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesungen, Übungen		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Höhere Experimentalphysik 1 (Advanced Experimental Physics 1)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Höhere Experimentalphysik 2 (Advanced Experimental Physics 2)	V+Ü	2+1	4	Pf						X
Summe		6	8							

VPSOC	Physik sozio-ökonomischer Systeme mit dem Computer (Physics of Socio-Economic Systems on the Computer)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Dieses Modul gibt eine Einführung in das interdisziplinäre Forschungsfeld der Physik sozio-ökonomischer Systeme. In sozio-ökonomischen Systemen, wie z.B. bei Finanzmärkten, sozialen Netzwerken, Verkehrssystemen oder wissenschaftliche Kooperationsnetzwerken, sind die dem System zugrunde liegenden Akteure ständigen Entscheidungssituationen ausgesetzt, wobei der Erfolg und die Auswirkung der individuell gewählten Strategie von den Entscheidungen der anderen beteiligten Akteuren abhängt. Die (evolutionäre) Spieltheorie und die Physik komplexer Netzwerke stellen die beiden Grundsäulen der theoretischen Beschreibung und mathematischen Formulierung solcher Systeme dar. Im ersten Teil des Kurses werden die grundlegenden Konzepte der Spieltheorie thematisiert und die Studierenden erlernen, unter Verwendung von Computeralgebra-Systemen (Maple und Mathematica), deren Anwendung auf diverse Spielklassen. Neben den endlichen Zweipersonen-Spielen und N-Personen-Spielen wird auch auf die evolutionäre Entwicklung ganzer Spieler-Populationen eingegangen (evolutionäre Spieltheorie). Die zeitliche Entwicklung der Entscheidungen der Spieler wird zusätzlich durch die zugrunde liegende Struktur des sozio-ökonomischen Netzwerks der Spielergruppen bestimmt. Der zweite Teil des Kurses befasst sich deshalb mit der Theorie sozio-ökonomischer Netzwerke und deren mathematischen Beschreibung mittels graphentheoretischer Konzepte. Hierbei wird zusätzlich auf die computerbasierte Simulation unterschiedlicher Netzwerkstrukturen eingegangen und ein Programm, welches das Barabasi-Albert Modell eines skalenfreien Netzwerks numerisch simuliert, gemeinsam mit dem Betreuer erstellt. Der dritte Teil gibt einen Einblick in die aktuelle Forschung und behandelt neuere Entwicklungen dieses Forschungsfeldes. Es wird hierbei einerseits speziell auf die evolutionäre Spieltheorie auf komplexen Netzwerken und die Quanten-Spieltheorie eingegangen, andererseits wird ein breiter Überblick der diversen Anwendungsfelder sozio-ökonomischer Systeme vermittelt.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Grundlagen der Spieltheorie, Definition eines Spiels, Strategiemenge der Spieler, reine und gemischte Strategie, dominante Strategie und Nash-Gleichgewicht, Zweipersonen Spiele, N-Personen - M-Strategien Spiel, Koordinationsspiele, Anti-Koordinationsspiele und dominante Spiele, evolutionäre Spieltheorie und Replikatorgleichung, evolutionär stabile Strategien, Theorie der komplexen Netzwerke, skalenfreie, exponentielle, zufällige und kleine Welt Netzwerke, Anwendungsfelder und Beispiele real existierender sozio-ökonomischer und biologischer Netzwerke, Einführung in die Quanten-Spieltheorie, Programmieren und Visualisieren in Maple, Mathematica. Bei Bedarf: Python/Matplotlib, C/C++ bzw. Java.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			

VMDLEARN	Introduction to Machine and Deep Learning and applications in physics and beyond		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
<p>The theoretical part of the lecture includes an introduction to the basics of statistics, Bayes-Theorem and discrete as well as continuous probability distributions. From this, the mathematical foundations of (supervised) Machine-Learning algorithms like: Linear Models, Support Vector Machines, Decision trees, Ensemble Methods, The Perceptron and Artificial Neural Networks will be derived. The concept of statistical learning will be introduced. A particular emphasis will be here on the gradient descent and its relation to Newton's method. The theoretical basics of Deep learning and different neural net architectures (Deep fully connected Neural Networks, Convoluted Neural Networks, Recurrent Neural Networks) will be introduced and it will be shown how the relevant equations for the forward and (error) back-propagation within these networks can be derived. An applied lecture part is dedicated to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The numerical Implementation and programming of the discussed machine-learning methods with PYTHON and especially Tensor Flow. • The application of codes to example problems. 			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>The students should be able to understand the theoretical concepts behind, and apply the various different machine and deep-learning tools available. They should know the theoretical framework behind commonly used algorithms like: linear models, decision trees, support vector machines, dimensional reduction, logistic regression and different types of artificial neural networks. They will learn to choose the proper algorithms for different problems. During the exercises, by themselves, they will start working on "real life" example problems and will deal with theoretical and practical problems.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Differential Calculus. Basic knowledge on statistics is recommended.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Stöcker		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Introduction to Machine and Deep Learning and applications in physics and beyond	V+Ü	2+1	4	Pf			X		X	
Summe		3	4							

3.2 Astrophysik und Kosmologie

VART	Allgemeine Relativitätstheorie (General Relativity)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Riemannsche Geometrie, Bewegungsgleichung, Ricci- und Einstein-Tensor, Einsteinsche Feldgleichung, experimentelle Tests, Schwarzschild-Lösung, schwarze Löcher, Gravitationswellen, Tolman-Oppenheimer-Volkov-Gleichung und Sternstruktur.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul soll die Grundlagen für das moderne Verständnis der Rolle der Gravitation in der Natur vermitteln. Dazu werden die notwendigen mathematischen Hilfsmittel bereitgestellt (Tensorrechnung im gekrümmten Riemannschen Raum) und auf verschiedene Beispielprobleme angewandt. Die im Modul vermittelten Kenntnisse sollen den Teilnehmern den Zugang zu aktuellen Fragestellungen der Astrophysik ermöglichen und dienen auch als Grundlage für die Beschäftigung mit der Kosmologie.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2</i> , <i>Theoretische Physik 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Greiner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Allgemeine Relativitätstheorie (General Relativity)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

VKOSMO	Kosmologie (Cosmology)				CP 4	
Kontaktstudium: 45 h		Selbststudium: 75 h		SWS: 3		
Inhalte						
Beobachtungstatsachen, kosmologisches Prinzip, Rotverschiebung, Hubble-Expansion und Hintergrundstrahlung, Robertson-Walker-Metrik, Friedman-LeMaitre-Gleichungen, kosmologische Konstante, Friedman-Lösungen, Big Bang, Nukleosynthese, inflationäres Universum, dunkle Energie und dunkle Materie						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
Ziel des Moduls ist die Vermittlung des aktuellen naturwissenschaftlichen Weltbilds zur Beschreibung von Aufbau und Dynamik des Universums. Auf der Basis der Allgemeinen Relativitätstheorie einerseits und der astronomischen Beobachtungen andererseits werden die Erkenntnisse des kosmologischen Standardmodells vermittelt. Die Teilnehmer des Moduls werden in die Lage versetzt, den aktuellen Forschungsstand der Kosmologie zu verfolgen (z.B. Urknall, dunkle Materie, dunkle Energie).						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2, Theoretische Physik 1-5</i>						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		jährlich				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Greiner				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an den Übungen				
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbefriedet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Übung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Kosmologie (Cosmology)		V+Ü	2+1	4	Pf	
Summe			3	4		

VNNASTRO	Nuclear and Neutrino Astrophysics				CP 3	
Kontaktstudium: 30 h		Selbststudium: 60 h		SWS: 2		
Inhalte						
Friedmann Universe, Primordial Nucleosynthesis, Stellar Reactions, Fusion Cycles in the Sun and Heavier Stars, Solar Neutrinos, Neutron Stars						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
Das Modul soll das Verständnis des Ursprungs der chemischen Elemente im Universum entwickeln. Dazu wird die Elementsynthese im frühen Universum und in Sternen betrachtet. Ein wesentlicher Punkt der Vorlesung ist, das Wechselspiel von kosmologischen und Gravitationseffekten mit kernphysikalischen Vorgängen qualitativ und quantitativ zu verstehen.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Quantum Mechanics, Basics of Nuclear Physics						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		jährlich				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Schramm				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		keine				
Leistungsnachweise		Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Nuclear and Neutrino Astrophysics		V	2	3	Pf	
Summe			2	3		

VAGR	Advanced General Relativity		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
<p>The 3+1 decomposition of spacetime. Formulations of the Einstein equations. Lagrangian formulations. The ADM formulation. Conformal traceless formulations. Gauge conditions in 3+1 formulations. Constraint equations. initial data and constrained evolution. Hyperbolic systems of partial differential equations. Quasi-linear formulation. Conservative formulation. Characteristic equations for linear systems. Riemann invariants. Characteristics and caustics. Domain of determinacy. region of influence. Linear hydrodynamic waves. Sound waves. Nonlinear hydrodynamic waves. Rarefaction waves. Shock waves. Contact discontinuities. The Riemann problem. Solution of the one-dimensional Riemann problem. Formulations of the hydrodynamic equations. The Wilson formulation. The importance of conservative formulations. The "Valencia" formulation. Finite-Difference Methods. The discretisation process. Numerical errors. Consistency. convergence and stability. The upwind scheme. The FTCS scheme. The Lax-Friedrichs scheme. The leapfrog scheme. The Lax-Wendroff scheme Kreiss-Oliger dissipation. Artificial-viscosity approaches. HRSC Methods and Conservative schemes. Rankine-Hugoniot conditions. Finite-volume conservative numerical schemes. Finite-difference conservative numerical schemes. Upwind methods. Monotone methods. Total variation diminishing methods. Godunov methods. Reconstruction techniques. Slope-limiter methods Approximate Riemann solvers. HLL. Roe Riemann solvers. The method of lines. Explicit Runge-Kutta methods. Implicit-explicit Runge-Kutta methods.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>The course will provide an introduction to the mathematical and numerical techniques presently employed for the accurate solution of the Einstein equations together with those of relativistic hydrodynamics. The first part of the course will concentrate on the mathematical aspects of numerical relativity. These include the formulation of the equations, be it the field equations or those of relativistic hydrodynamics, the definition of hyperbolic system of partial differential equations and the development of nonlinear waves in hydrodynamics. The second part of the course, instead, will concentrate on the numerical aspects and the most advanced techniques for the numerical solution of these equations. The students are expected to be familiar with the theory of General Relativity and to be proficient in differential geometry and tensor calculus. A series of exercises will parallel the course. The content of the lectures can be found in a recent book (Rezzolla, Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press).</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltung <i>Allgemeine Relativitätstheorie</i> , mindestens eine Programmiersprache			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Rezzolla		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		

Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet										
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht										
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung										
Modulprüfung											
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)											
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester						
					1	2	3	4	5	6	
Advanced General Relativity	V+Ü	2+1	4	Pf							X
Summe		3	4								

VARTC	Allgemeine Relativitätstheorie mit dem Computer (General Theory of Relativity on the Computer)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>In diesem Modul werden die mathematisch anspruchsvollen Gleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) in diversen Programmierumgebungen analysiert. Im ersten Teil des Kurses erlernen die Studierenden die Verwendung von Computeralgebra-Systemen (Maple und Mathematica). Die oft komplizierten und zeitaufwendigen Berechnungen der tensoriellen Gleichungen der ART können mit Hilfe dieser Programme erleichtert werden. Diverse Anwendungen der Einstein- und Geodätengleichung werden in Maple implementiert, quasi analytische Berechnungen durchgeführt und entsprechende Lösungen berechnet und visualisiert. Der zweite Teil des Kurses befasst sich mit der numerischen Berechnung von Neutronensternen und Weißen Zwergen mittels eines C/C++ Programms. Nach einer kurzen Auffrischung der grundlegenden Programmierkenntnisse, erstellen die Studierenden, gemeinsam mit dem Betreuer, ein Programm, das die Tolman-Oppenheimer-Volkov-Gleichung numerisch löst und visualisieren die Ergebnisse. Zusätzlich wird hierbei in die Grundkonzepte der parallelen Programmierung eingeführt und eine MPI- und OpenMP-Version des C/C++ Programms erstellt. Im dritten Teil des Kurses werden zeitabhängige numerische Simulationen der ART mittels des Einstein Toolkit durchgeführt und deren Ergebnisse mittels Python/Matplotlib visualisiert. Inhaltlich wird hierbei ebenfalls auf den, dem Programm zugrunde liegenden (3+1)-Split der ART eingegangen und, abhängig von den Vorkenntnissen der Studierenden, mehrere fortgeschrittene, astrophysikalisch relevante Probleme simuliert. Mögliche Themen dieses abschließenden Teils könnten die folgenden Systeme darstellen: Oszillationen eines Neutronensterns, Kollaps eines Neutronenstern zu einem Schwarzen Loch oder die Kollision zweier Neutronensterne unter Berücksichtigung der Aussendung von Gravitationswellen. Der Schwerpunkt der gesamten interaktiven Vorlesung liegt sowohl auf der Allgemeinen Relativitätstheorie als auch auf der Vermittlung spezieller Programmierkenntnisse.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Kovariante Ableitung, Ricci- und Einstein-Tensor, Einsteinsche Feldgleichung, Geodätengleichung, Schwarzschild- und Kerr-Lösung, Raumzeitdiagramme in Schwarzschild und Eddington-Finkelstein Koordinaten, Penrose-Diagramme, Bewegung eines Teilchens um ein rotierendes schwarzes Loch, Herleitung der Tolman-Oppenheimer-Volkov-Gleichung, Weiße Zwerge, Neutronen- und Quarksterne, (3+1)-Split der ART, (Optional: Oppenheimer-Snyder-Collapse einer Staubwolke zu einem schwarzen Loch) Programmieren und Visualisieren in Maple, Mathematica und Python/Matplotlib, Programmieren in C/C++, paralleles Programmieren mit MPI und OpenMP, Grundlagen des Einstein Toolkit, numerische Simulationen auf dem Linux-basierte Rechen-Cluster FUCHS.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			

VASTRO-TEIL	Astroteilchenphysik (Astro Particle Physics)	CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2
Inhalte		
<p>Elemente des Standardmodells der Teilchenphysik, Grundlagen der Thermodynamik der Quantengase, die Zustandsgleichung der Materie bei extremen Dichten (Wigner-Seitz und Thomas-Fermi Modelle) Hydrostatisches Gleichgewicht in Newtonscher Theorie, Chandrasekhar-Masse für Weiße Zwerge, Kühlung der Weißen Zwerge, die Dichtefunktionaltheorie der Kernmaterie, Hypernukleare Materie, Struktur der Sterne in der ART, Oppenheimer-Volkoff-Gleichungen, Kühlung der Neutronensterne, Suprafluidität und Supraleitung in Neutronensternen, Kosmologische Modelle, Teilchenphysik des frühen Universums.</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Auf einer abstrakteren inhaltlichen Ebene beschäftigt sich dieses Modul mit Quantenfeldern und deren Wechselwirkungen. Wichtige Konzepte wie Lagrange-Formalismus, Feynman-Diagramme und Symmetrien werden behandelt. Das Modul ist gut geeignet als eine Fortsetzung zur den Grundkursen in der Astrophysik und der allgemeinen Relativitätstheorie. Das Modul verschafft einen allgemeinen Überblick über die Teilchenastrophysik. Ein Ziel ist der Erwerb von Sicherheit im Umgang mit Methoden der Quantenphysik. Die Studenten werden motiviert zum Streben nach tiefem Verständnis der Quantenphänomene unter extremen Bedingungen.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Erforderliche Vorkenntnisse sind abgeschlossene Studien der Quantenmechanik und Statistische Physik		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schaffner-Bielich	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	keine	
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung	
Modulprüfung		

VSTAFOR	Stern- und Planetenentstehung (Star and Planet Formation)				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
Physikalische Prozesse in sternbildenden Wolken, gravitative Instabilität, Strahlungstransport, Sternentstehung auf verschiedenen Skalen, Entstehung von interstellaren Wolken deren Entwicklung, Fragmentation und Kollaps, Vor-Hauptreihenentwicklung, Scheibenbildung, Planetenentstehung										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Dieses Modul behandelt den aktuellen Wissenstand der Stern- und Planetenentstehung. Die Vorlesung gibt ebenso einen Überblick über gegenwärtige Beobachtungen und theoretische Modelle.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Module Astronomie I und II										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Stern- und Planetenentstehung (Star and Planet Formation)	V	2	3	Pf				X		X
Summe		2	3							

VAGN	AGN Physik (AGN Physics)		CP 2
Kontaktstudium: 15 h	Selbststudium: 45 h	SWS: 1	
Inhalte			
<p>Signatures of AGN activity, AGN classification, relativistic effects around supermassive black holes, models for the extreme X-ray variability, Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies as the extreme of Seyfert activity, origin of the soft X-ray excess and the power law component, relativistic Fe Kα studies, Accretion and Planck luminosity derivation, AGN unification through physical processes, gravitational wave physics, light bending and flux boosting effects, the standard accretion disc and deviations, advection dominated accretion flows and accretion above the Eddington limit, the efficiency limit, black hole growth, the light bending model in the Kerr black hole space time, X-ray periodicity and the Bardeen-Petterson effect, Comptonization effects, standard theory of General Relativity and its pseudo-complex extension.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Observations of active galactic nuclei (AGN) are of wide astrophysical interest. The amount and efficiency of the energy release within the immediate neighbourhood of black holes belong to the most extreme physical processes observed to date. The most probable explanation for the huge amount of energy output (and for other observational parameters, such as the width of the optical emission lines and the strength of the radio emission) is given by the transformation of potential energy into radiation by accretion of matter onto a supermassive central black hole (Rees 1984). The velocities of the accreting matter reach values of about one third of the velocity of light, deduced by relativistically broadened line profiles (centred at about 6.4 keV), Tanaka 1995). The emission from the matter around the black hole may vary on very short time scales of only a few hundred seconds. The corresponding changes in luminosity reach values of about 10¹⁰ solar luminosities. All this is further suggestive for the presence of supermassive black holes. Energy production processes and radiation mechanisms for the innermost regions of AGN are an important research field in X-ray astronomy. Other astrophysical important aspects include the detection and study of binary black holes, expected to lead to strong gravitational wave emission and tidal disruption events of stars in the dense core around the central black holes. At larger distances from the black hole, the emission from optically thin plasma can be studied. Imprinted absorption and emission lines give information on the chemical composition of the gas and of infall and outflow velocities. The log N - log S distribution of AGN and resulting luminosity functions allow to study the density and luminosity evolution of AGN in dependence of redshift. The first compact obscured objects in the universe can be best studied with X-rays. The lessons summarize the most recent observational and theoretical results in the study of Active Galactic Nuclei.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Grundkenntnisse der Physik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schaffner-Bielich		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			

Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
AGN physics (AGN Physics) (Blockveranstaltung, 5 Tage V3)	V	1	2	Pf					X	X
Summe		1	2							

VISM	Physik und Chemie des Interstellaren Mediums (Physics and chemistry of the interstellar medium)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Dynamik des interstellaren Gases, hydrodynamische Instabilitäten, Turbulenz. Entstehung und Strahlung des interstellaren Gases, Staubs, PAHs (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe). Energiegleichgewicht des ISM, Phasen des ISM, chemische Phasenübergänge. Chemische Prozesse, Bildung und Zerstörung von Atomen und Molekülen im ISM, Wechselwirkung Physik und Chemie. Spezielle interstellare Regionen: HII Regionen, diffuse Galaktische Wolken, Molekülwolken, Photonendominierte Regionen, X-Ray Dominierte Regionen, interstellare Schocks und Supernova-Überreste, Planetare Nebel.</p> <p>The dynamics of the interstellar gas, hydrodynamic instabilities, turbulence. Formation of and radiation from interstellar gas, dust and polycyclic aromatic hydrocarbons. The energy balance of the ISM, phases of the ISM and chemical phase transitions. Chemical processes, formation and destructions of atoms and molecules in the ISM, Interaction physics-chemistry. Special interstellar regions: HII regions, diffuse Galactic clouds, molecular clouds, photon-dominated regions and X-ray dominated regions, interstellar shocks and supernova remnants, planetary nebulae.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Verständnis der fundamentalen physikalischen Prozesse im interstellaren Medium (ISM) und Möglichkeiten diese zu beobachten.</p> <p>Understanding the fundamental processes structuring the interstellar medium (ISM) and ways to observe them.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Module Astronomie I und II			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.), Hausarbeit oder Vortrag (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physik und Chemie des Interstellaren Mediums (Physics and chemistry of the interstellar medium)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

3.3 Kern- und Elementarteilchenphysik

VTHKP1	Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I (Introduction to Theoretical Nuclear and Elementary Particle Physics I)	CP 6
Kontaktstudium: 75 h	Selbststudium: 105 h	SWS: 5
Inhalte		
<ul style="list-style-type: none"> • Nuclear models: liquid drop model, Fermi-Gas Model, Shell Model, Deform Shell Model • Collective Nuclear Models • Nucleon-Nucleon Interaction • Hartree-Fock Theory • The Klein-Gordon equation • Covariant electrodynamics • The Dirac equation • Quantum chromodynamics • Symmetries of QCD 		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>In diesem Modul werden die mathematischen Grundlagen für das Verständnis der Theorien der Kern- und Elementarteilchenphysik vermittelt, um die Studierenden für wissenschaftliche Forschungen auf diesen Gebieten vorzubereiten.</p> <p>Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4</i> , <i>Theoretische Physik 1-4</i>		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Bleicher	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet	

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I (Introduction to Theoretical Nuclear and Elementary Particle Physics I)	V+Ü	3+2	6	Pf					X	
Summe		5	6							

VTHKP2	Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik II (Introduction to Theoretical Nuclear and Elementary Particle Physics II)		CP 6
Kontaktstudium: 75 h	Selbststudium: 105 h	SWS: 5	
Inhalte			
<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Quantum Chromodynamics (QCD): The constituent quark model, basic hadrons in the quark model; Non-abelian gauge field theory – QCD; SU(N) symmetry; Approximate symmetries of QCD – chiral symmetry; Feynman diagrams • Effective Models: Thermodynamic models; String modell; Non-equilibrium models and transport approaches to strongly interacting systems • Heavy Ion Interactions: relativistic heavy-ion collisions at GSI, FAIR, CERN, LHC; Quark-Gluon-Plasma (QGP), Observables for the QGP 			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Dieses Modul vermittelt erweiterte Kenntnisse der aktuellen Modelle der Hochenergie-, Teilchen- und Kernphysik in Bezug sowohl auf die Feldtheorie wie auch Nichtgleichgewichtsdynamik. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–5</i> , <i>Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Bleicher		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VQFT1	Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik (Introduction to Quantum Field Theory and Standard Model of Particle Physics)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
Relativistische Wellengleichungen, klassische Feldtheorie im Lagrangeformalismus, Symmetrien und Noethersches Theorem; Einführung Quantenfeldtheorie: kanonische Quantisierung für Skalar-, Spinor- und Vektorfelder, Störungstheorie, Feynman-Diagramme; Abelsche und nichtabelsche Eichfelder, Quantenelektrodynamik und Quantenchromodynamik, Berechnung einfacher Prozesse, die schwache Wechselwirkung, vereinigte Beschreibung der Wechselwirkungen im Standardmodell.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Dieses Modul behandelt die grundlegenden mathematischen Methoden für Systeme mit unendlich vielen Freiheitsgraden. Ihre Formulierung auf klassischem Niveau und dann die Quantisierung legen die Grundlage für eine Berechnung der elementaren Prozesse und damit den Kontakt zu experimentellen Befunden. Das Modul legt die Basis für Forschungsarbeit in der theoretischen Teilchenphysik und damit Master- und Doktorarbeiten.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Analytische Mechanik mit Lagrange- und Hamiltonformalismus, Feldtheorie und Wellengleichungen der klassischen Elektrodynamik, kanonische Quantisierung, Schrödingergleichung, quantenmechanische Störungstheorie (i.e. Theoretische Physik 1-4)			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Philippen		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik (Introduction to Quantum Field Theory and Standard Model of Particle Physics)	V+Ü	4+2	8	Pf					X	
Summe		6	8							

VQFT2	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie und Quantenchromodynamik (Advanced Quantum Field Theory and Quantum Chromodynamics)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
Feldquantisierung im Pfadintegralformalismus, Feynmanregeln der QCD und perturbative Auswertung, Renormierung und Renormierungsgruppe, asymptotische Freiheit und nichtperturbative Physik, Einführung in die Gittereichtheorie			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Einführung sehr allgemeiner theoretischer Konzepte (Pfadintegrale, Renormierungstheorie) und ihre Anwendung auf konkrete, beobachtbare Systeme. Erkennen der Analogien zwischen statistischen und quantenfeldtheoretischen Systemen. Erlernen nichtperturbativer Techniken zur Evaluation von Feldtheorien.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Siehe VQFT1 sowie Grundlagen der statistischen Physik (Zustandssummen, Boltzmann-Gewichte, Spinmodelle), skalare Feldtheorien, abelsche Feldtheorien			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Philippen		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbefriedigend		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VQTLAT	Quantum Theory on the Lattice				CP 4	
Kontaktstudium: 45 h		Selbststudium: 75 h		SWS: 3		
Inhalte						
method of path integrals; Markov processes; numerical methods - Monte Carlo, microcanonical, Langevin algorithms; phase transitions; Ising and Potts spin models; field theories on the lattice; fermions on the lattice and the sign problem; lattice gauge theories; expansion methods on the lattice - strong/weak coupling, molecular field approximation						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
General understanding of the procedure of discretizing continuum theories with its related conceptual problems. Acquiring knowledge of basic methods to evaluate numerically many-dimensional integral equations. Understanding rescaling methods and critical behavior of theories on the lattice. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
basic knowledge of quantum mechanics and quantization; introductory knowledge of statistical mechanics						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		jährlich				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Schramm				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Englisch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an den Übungen				
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbefriedet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Übung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Quantum Theory on the Lattice		V+Ü	2+1	4	Pf	
Summe			3	4		

VKT1	Quarkstruktur der Materie (Quark Structure of Matter)				CP 6	
Kontaktstudium: 60 h		Selbststudium: 120 h		SWS: 4		
Inhalte						
Elastische und inelastische Elektron- und Neutrinostreuung, Formfaktoren des Protons, Strukturfunktionen, Partonstruktur, Phänomenologie der Quantenchromodynamik, Farben, Gluonen, laufende Kopplung, Quarkonia, Baryonen und leichte Mesonen						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
Das Modul vermittelt Kenntnisse über die elementare Struktur der Materie auf der Ebene von Quarks und Gluonen und gibt einen Einblick in die Phänomenologie der elementaren starken Wechselwirkung. Ziel der Vorlesung ist insbesondere die Vermittlung des Konzeptes des Streuexperimentes. Es soll herausgearbeitet werden, wie aus den ermittelten Streudaten die jeweilige Information zur Struktur der Materie gezogen werden kann.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3, Theoretische Physik 1–3, Anfängerpraktikum 1–2</i>						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		jährlich				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Appelshäuser				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch oder Englisch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an den Übungen				
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbemotet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Übung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Die Quarkstruktur der Materie (Quark Structure of Matter)		V+Ü	3+1	6	Pf	
Summe			4	6		

VKT2	Schwache Wechselwirkung und fundamentale Symmetrien (Weak Interaction and Fundamental Symmetries)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
Schwache Wechselwirkung: Leptonen, Quarkmischungen, Neutrinooszillationen, Paritätsverletzung, Vektor-Axialvektor Kopplung, Neutrale Kaonen, CP-Verletzung, elektroschwache Vereinheitlichung.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Vorlesung behandelt die Eigenschaften der schwachen Wechselwirkung, anhand derer die wichtigsten Merkmale des Standardmodells und seine freien Parameter diskutiert werden. Wichtige Konzepte der modernen Teilchenphysik wie Mischung und Oszillation werden behandelt. Die Vorlesung endet mit einem Ausblick auf die aktuellen offenen Fragen des Feldes wie der elektroschwachen Symmetriebrechung und Physik jenseits des Standardmodells. Die ausführliche Diskussion von Schlüsselexperimenten soll die Fähigkeit schärfen, eine Verknüpfung zwischen experimenteller Beobachtung und physikalischem Sachverhalt herzustellen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3, Theoretische Physik 1–3, Anfängerpraktikum 1–2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Appelshäuser		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VKT3	Starke Kernkraft und Kernmodelle (Strong Interaction and Nuclear Models)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
Starke Kernkraft, Deuteron, Streuexperimente, Streulänge, Fermigasmodell und Schalenmodell, Transferreaktionen, Elektromagnetische Kernübergänge, Kollektive Kernanregungen			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Physik der Atomkerne lässt sich heute noch nicht mit den fundamentalen Wechselwirkungen des Standardmodells vollständig quantitativ beschreiben. In dieser weiterführenden Vorlesung sollen daher effektive Konzepte wie die Nukleon-Nukleon Wechselwirkung und die Bewegung der Nukleonen in einem mittleren Potential diskutiert werden, die zum Kernschalenmodell und damit zu einer bemerkenswert guten Beschreibung der Grundzustands-Kerneigenschaften sowie Einteilchen-Anregungen führen. Die Vorlesung liefert das konzeptionelle und inhaltliche Rüstzeug für verwandte Disziplinen wie etwa der nuklearen Astrophysik.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4</i> , <i>Theoretische Physik 1-4</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Appelshäuser		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Starke Kernkraft und Kernmodelle (Strong Interaction and Nuclear Models)	V+Ü	3+1	6	Pf					X	
Summe		4	6							

VKT4	Kern- und Teilchenphysik 4 (Nuclear and Particle Physics 4)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:		
<p><i>Kern- und Teilchenphysik 4a: Elektromagnetische Sonden der subatomaren Materie:</i> Photonselbstenergie, Elektronenstreuung, Paarvernichtung, zeitartige/raumartige Photonen, Parton-Verteilungsfunktionen, elektro-magnetische Formfaktoren, Dalitz-Zerfälle, Übergangsformfaktoren von Hadronen, In-Medium Spektralfunktionen von Hadronen, thermische Photonen, Di-Leptonen.</p> <p><i>Kern- und Teilchenphysik 4b: Physik des Quark-Gluon Plasmas:</i> Das Phasendiagramm der Quanten-Chromo Dynamik, Experimente der ultra-relativistischen Schwerionenphysik, Reaktionsdynamik und globale Observablen, Sonden des Quark-Gluon Plasmas: Seltsame Teilchen, Jets, Photonen und J/ψ</p> <p><i>Kern- und Teilchenphysik 4c: Resonanzphysik der Hadronen:</i> QCD-Bindungszustände (klassische, angeregte und exotische Systeme); Reaktionsmechanismen (Produktion und Zerfall von Hadronen); Statisches Quarkmodell und SU(3) und die Konsequenzen; Realistische Quarkmodelle; Analysemethoden und Systematik (sehr ausführlich); Experimente zur Hadronenspektroskopie (gestern, heute und morgen)</p> <p><i>Kern- und Teilchenphysik 4d: Physik schwerer Quarks und Quarkonia:</i> Produktionsprozesse schwerer Quarks (pQCD), Hadronen mit schweren Quarks (D/B Mesonen, Baryonen und Quarkonia), Verteilungsfunktion, Flavoroszillationen, nicht-relativistische Schrödingergleichung, Zerfälle, experimentelle Messungen, theoretische Modelle (FONLL, CSM, CEM, NRQCD) und Simulationen (PYTHIA, POWHEG) in Nukleon-Nukleon Kollisionen, Energieverlust und Thermalisierung schwerer Quarks im QGP, Unterdrückung und Regeneration von Quarkonia im QGP.</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Hochenergie-Kernphysik. Dazu stehen drei Lehrveranstaltungen zur Auswahl, von denen eine absolviert werden muss. In diesen wird eine Übersicht über den aktuellen Stand und die Methoden des jeweiligen Spezialgebietes gegeben. Das erworbene Fachwissen ist bei der Anfertigung von Bachelor- und Master-Arbeiten in diesem Fachgebiet von Wichtigkeit.</p> <p>Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls werden je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch abgehalten.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		

Grundkenntnisse der Kern- und Teilchenphysik: Kernmodelle, Kernkräfte, Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung, relativistische Kinematik, Quark-Modell, Formfaktoren des Protons, Strukturfunktionen, Partonstruktur, QCD-Phänomenologie, Farbfreiheitsgrade, Gluonen, laufende Kopplung, Quarkonia, Baryonen und leichte Mesonen.											
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots		jährlich									
Dauer		einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Blume									
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen											
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Übung									
Modulprüfung											
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)											
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
						1	2	3	4	5	6
Kern- und Teilchenphysik 4a: Elektromagnetische Sonden der subatomaren Materie (Nuclear and Particle Physics 4a: Electromagnetic Probes of Sub-atomic Matter)		V+Ü	2+1	4	WP						X
Kern- und Teilchenphysik 4b: Physik des Quark-Gluon Plasmas (Nuclear and Particle Physics 4b: Physics of the Quark-Gluon-Plasma)		V+Ü	2+1	4	WP						X
Kern- und Teilchenphysik 4c: Resonanzphysik der Hadronen (Nuclear and Particle Physics 4c: Hadronic Resonances)		V+Ü	2+1	4	WP						X
Kern- und Teilchenphysik 4d: Physik schwerer Quarks und Quarkonia (Nuclear and Particle Physics 4d: Physics of Heavy Quarks and Quarkonia)		V+Ü	2+1	4	WP						X
Summe			3	4							

VDP	Physik der Teilchendetektoren (Physics of Particle Detectors)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 180 h	SWS: 4	
Inhalte			
<p>Das Modul dient der fachlichen Spezialisierung auf dem Gebiet der experimentellen Kern- und Teilchenphysik. Die Vorlesung dient als Ergänzung zu den Modulen VEX4a und VKT1–4 und ist eine Vorbereitung auf das Fortgeschrittenenpraktikum und eine BA/MA-Arbeit in diesem Spezialgebiet. Es werden die physikalischen Grundlagen zum Nachweis von Teilchenstrahlung vermittelt. Neben der Diskussion der Wechselwirkungen von Strahlung mit Materie werden die wichtigsten Detektortypen und ihre Anwendungen in aktuellen und geplanten Experimenten der Kern- und Teilchenphysik vorgestellt. Erworbenes Wissen kann auf andere Bereiche der experimentellen Physik angewendet werden.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Aufgrund seiner inhaltlichen Verbindung der Gründe und Techniken für den Teilchennachweis, den Grundlagen der elementaren Wechselwirkung von Teilchen mit Materie und Engineering-Aspekten sind die Studierenden auf die Konzeption und den Umgang mit modernen Teilchendetektoren vorbereitet. Die Studierenden kennen die wesentlichen Techniken des Teilchennachweises. Den Studierenden sind die grundlegenden Konzepte und technologischen Randbedingungen geläufig. Die Studierenden kennen komplexe moderne Detektorarrangements.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Stroth		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physik der Teilchendetektoren (Physics of Particle Detectors)	V+Ü	3+1	6	Pf				X		X
Summe		4	6							

VANAEX-HEP	Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik (Analysis Methods in Experimental High-Energy Physics)				CP 4					
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h		SWS: 3							
Inhalte										
Concepts of Data Analysis in High-Energy Physics, Modular Programming, Control Structures, Basic Variables, Functions, Objects, Encapsulation, Histograms, Trees and NTuples, Monte-Carlo Techniques and Random Number Generators, Analysis of Experimental Data (Exemplary Data Analysis, Acceptance & Efficiency Corrections)										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Einführung in die Datenanalyse von Hochenergieexperimenten mit C++ und ROOT. Neben einer Einführung in die Grundlagen der Programmierung werden grundlegende Techniken in der Datenanalyse exemplarisch erarbeitet.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3, Theoretische Physik 1-3</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Stroth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik (Analysis Methods in Experimental High-Energy Physics)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		X
Summe		3	4							

VANAEX-HEP2	Fortgeschrittene Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik (Advanced Analysis Methods in Experimental High-Energy Physics)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
<ul style="list-style-type: none"> • Signal- und Systemtheorie: Analyse von Systemen, Fourier- und Laplace-Transformation, Signalformung, Abtasttheorem, Digitalisierung, Rauschen, DFT, FFT • Moderne Multi-Level Triggersysteme, Bestimmung von Triggereffizienzen durch Monte-Carlo Simulationen, Moderne Datennahmesysteme • Methoden und Algorithmen zur Rekonstruktion von Kollisionspunkt und Teilchenspuren (Vertexing und Tracking) • Clusterfindungsalgorithmen und Jetrekonstruktion (Jet-Finding algorithms) • Spezielle Statistische Methoden: Bestimmung von Signifikanz-Intervallen und oberen Schranken, p-Value, Likelihood, Bayesian Analysis, Unfolding • Multivariate Analysemethoden (MVAM) und Machine Learning • Debugging-Werkzeuge und Skriptsprachen • ROOT und Interfaces zu speziellen Softwarepaketen 			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Studierenden beherrschen im Detail verschiedene Analysemethoden, die in der aktuellen Forschung im Bereich der experimentellen Hochenergiephysik angewandt werden und in der Basislehrveranstaltung <i>Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik</i> nur kurz andiskutiert werden können.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3</i> , <i>Theoretische Physik 1–3</i> , <i>Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Büsching		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Fortgeschrittene Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik (Advanced Analysis Methods in Experimental High-Energy Physics)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

3.4 Festkörperphysik

VEXFP1	Experimentelle Festkörperphysik 1 (Experimental Solid State Physics 1)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
Auswahl aus folgenden Themen: Struktur und Strukturbestimmung, Grundlagen der Beugungstheorie, reziprokes Gitter, Gitterdynamik (Phononen), thermische Eigenschaften (spezifische Wärme, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit), elektronische Bandstruktur, Fermi-Flächen und deren experimentelle Bestimmung, Transportphänomene, dielektrische und optische Eigenschaften, Magnetismus. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Ein Schwerpunkt der Vorlesung ist die Dynamik der Atome eines Festkörpers, die gitterperiodisch angeordnet sind. Ausnutzung der Periodizität führt zunächst zu einer einfachen klassischen Beschreibung der Wellenausbreitung und schließlich zu dem quantenmechanischen Konzept der Gitterschwingungen als kollektive Anregung (Phononen). Ein zweiter Schwerpunkt sind die Auswirkungen des periodischen Gitterpotentials auf die elektronische Struktur des Festkörpers. Dabei werden die verschiedenen Phänomene anhand von modernen experimentellen Methoden zur Bestimmung der jeweiligen physikalischen Eigenschaften veranschaulicht. Die Vorlesung gibt einen Überblick über grundlegende Konzepte in der Festkörperphysik und das Verständnis technologisch relevanter Materialien und richtet sich an eine breite Zuhörerschaft. Das Modul bereitet die Grundlagen für die Beschäftigung mit speziellen Themen wie Supraleitung, Magnetismus oder Halbleiterphysik.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Die Vorlesung baut auf die in der „Einführung in die Festkörperphysik“(VEX4B) vermittelten Grundlagen zum atomaren Aufbau und zur elektronischen Struktur von Festkörpern auf. Es werden außerdem einfache Methoden der Quantenmechanik verwendet.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Müller		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentelle Festkörperphysik 1 (Experimental Solid State Physics 1)	V+Ü	3+1	6	Pf					X	
Summe		4	6							

VEXFP2	Experimentelle Festkörperphysik 2 (Experimental Solid State Physics 2)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
Auswahl aus folgenden Themen: Struktur und Strukturbestimmung, Grundlagen der Beugungstheorie, reziprokes Gitter, Gitterdynamik (Phononen), thermische Eigenschaften (spezifische Wärme, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit), elektronische Bandstruktur, Fermi-Flächen und deren experimentelle Bestimmung, Transportphänomene, dielektrische und optische Eigenschaften, Magnetismus. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Ziel des Moduls ist es, komplexere festkörperphysikalische Eigenschaften, die sich aus der Fermi-Statistik und der elektronischen Bandstruktur ergeben, systematisch zu verstehen. Dazu gehören die Bewegung von Ladungsträgern in Festkörpern, die Wechselwirkung der Ladungsträger mit elektromagnetischer Strahlung oder kollektive elektrische und magnetische Ordnungsphänomene. Das Modul gibt einen weiterführenden Überblick über allgemeine Festkörpereigenschaften und greift exemplarisch aktuelle und forschungsnaher Fragestellungen auf. Das Modul bereitet die Grundlagen für die Beschäftigung mit speziellen Themen wie Supraleitung, Magnetismus oder Halbleiterphysik und kann eine Ba/Ma-Arbeit in experimenteller Festkörperphysik begleiten/vorbereiten. In der Übung sollen die Inhalte selbständig und in Team-Arbeit vertieft und eine fachliche Präsentation eingeübt werden.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Die Vorlesung baut auf die in VEX4B und VEXFP1 vermittelten Grundlagen zum atomaren Aufbau und zur elektronischen Struktur von Festkörpern auf. Es werden außerdem einfache Methoden der Quantenmechanik verwendet.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Müller		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VEXSUP	Einführung in die Supraleitung (Introduction to Superconductivity)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Auswahl aus folgenden Themen: Grundlegende supraleitende Eigenschaften, Phänomenologie und Thermodynamik, phänomenologische Modelle: London- und Ginzburg-Landau-Theorie, Typ-I- und Typ-II-Supraleiter, Quanteninterferenzphänomene (Josephson-Effekte), Grundzüge der BCS-Theorie, Konsequenzen der BCS-Theorie, Bose-Einstein-Kondensation, Anwendungen der Supraleitung, neue supraleitende Materialien, konventionelle und unkonventionelle Supraleiter.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul vermittelt die wichtigsten Grundlagen des makroskopischen Quantenphänomens Supraleitung (experimentelle Grundlagen, theoretische Modelle, Anwendungen). Den Studierenden werden in systematischer Weise grundlegende Konzepte der physikalischen Modellbildung von der phänomenologisch orientierten Beschreibung (London-Theorie), hin zu übergreifenden Konzepten (Ginzburg-Landau-Theorie), bis zur mikroskopischen Erklärung (BCS-Theorie) nahegebracht. Neben diesen theoretischen Grundlagen zur Supraleitung erhalten die Studierenden einen Überblick der wichtigsten supraleitenden Materialklassen und deren technologisches Anwendungspotential. Zur Vertiefung kann zusätzlich zur Vorlesung ein optionales Proseminar zu ausgewählten Fragen der Supraleitung besucht werden.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Maxwell-Gleichungen; Kenntnisse der Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, quantenmechanisches Tunneln, Stromoperator, Aharonov-Bohm-Effekt, Fock-Raum-Darstellung; Grundlegende Konzepte der Festkörperphysik: Kristallstrukturen, elektronische Bandstruktur, Ladungstransport in Metallen (Drude-Modell), Phononen, Zustandsdichte; Grundlegende Konzepte der Thermodynamik und Statistik: thermodynamische Potentiale, Boltzmann-Faktor			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Huth		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Supraleitung (Introduction to Superconductivity)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VEXTIP	Experimentelle Tieftemperaturphysik (Experimental Low Temperature Physics)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Temperaturskalen, Thermometrie, Quantenflüssigkeiten $^4\text{He}/^3\text{He}$: Phasendiagramme, Superfluidität, Kühltechniken im Kelvin- sowie Subkelvin- und Submillikelvin-Bereich.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
In diesem Modul werden wesentliche Konzepte und Techniken der Tieftemperaturphysik aus elementaren quantenmechanischen Grundsätzen (wie Bose-Einstein- und Fermi-Dirac-Statistik für Quantengase mit ganz- und halbzahligem Spin) entwickelt. Die Vorlesung gibt einen Überblick über aktuelle Kühltechniken und experimentelle Methoden der Tieftemperaturphysik und zeigt deren Anwendung in der aktuellen Grundlagenforschung auf. Das Modul ist für ein breites Publikum konzipiert und vermittelt wesentliche Grundlagen für eine weitere fachliche Spezialisierung in der experimentellen Tieftemperaturphysik.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4</i> , <i>Theoretische Physik 1-4</i> , <i>Anfängerpraktikum 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Lang		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentelle Tieftemperaturphysik (Experimental Low Temperature Physics)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VNANOEL	Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (Electronic Properties of Nanostructures)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Ausgewählte Kapitel der Quantentheorie (Sub-Bänder und niedrig-dimensionale Systeme, Quantenbox, Quantenpunkt, Quantenreflexion/Transmission/Tunneln, etc.), Materialien (Halbleiter-Heterostrukturen, Organische Halbleiter, Kohlenstoff-Nanoröhren und Fullerene, Graphen, Granulare Systeme, etc.), Fabrikations- und Charakterisierungstechniken (Dünnschichttechniken, Nanostrukturierung, Selbstorganisation, Rasterkraftmikroskopie, etc.), Elektronischer Transport in Nanostrukturen (Streulängen, Diffusion, Dephasierung, Landauer-Formel, etc.), Einzelelektronentunneln und Bauelemente (Coulomb-Blockade, Einzelelektronentransistor, Coulomb-Oszillationen, etc.).			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
In diesem Modul lernen die Studierenden Aspekte des interdisziplinären Gebietes der Nanoelektronik kennen. Dazu werden die hauptsächlich verwendeten Materialien und Methoden zur Realisierung nanoskopischer, funktionaler Bauelementstrukturen vorgestellt und deren elektronische Eigenschaften diskutiert. Ausgewählte Methoden zur Modellierung der physikalischen Eigenschaften von Nanostrukturen werden vorgestellt. Aktuelle Entwicklungen und neue Forschungsergebnisse werden in die Vorlesung inhaltlich integriert.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Maxwell-Gleichungen; Kenntnisse der Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, quantenmechanisches Tunneln, Stromoperator, Aharonov-Bohm-Effekt; Grundlegende Konzepte der Festkörperphysik: Kristallstrukturen, elektronische Bandstruktur, Ladungstransport in Metallen und Halbleitern, Zustandsdichte; Grundlegende Konzepte der Thermodynamik und Statistik: Diffusion			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Huth		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

VLASOPT	Laser- und Optoelektronik (Laser and Optoelectronics)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Mathematische Beschreibung elektromagnetischer Felder, Fourier-Transformationen, zeitliche und räumliche Wellenausbreitung, Gauß-Strahlen, geometrische Optik, optische Resonatoren, Wellendispersion. Lasergrundlagen: Strahlende Übergänge, spektrale Verbreiterung, Verstärkungssättigung, Dauerstrich- und gepulster Laserbetrieb, Modenkopplung, verschiedene Lasertypen (Gas, Festkörper, Farbstoff), Halbleiterlaser. Nichtlineare Optik: Oberwellenerzeugung, Phasenanpassung, elektrooptische Modulation, Selbstphasenmodulation, Messung optischer Pulse, Detektion optischer Strahlung.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Das Modul hat zum Ziel, die Studierenden zu befähigen, sich an aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Bereichen der Laserspektroskopie sowie der photonischen und optoelektronischen Technologie zu beteiligen. Die Studierenden werden mit experimentellen Konzepten der Erzeugung, Ausbreitung, Modulation und Detektion kohärenter optischer Strahlung vertraut gemacht. Sie lernen außerdem die zugrunde liegenden theoretischen Beschreibungen auf dem Niveau der klassischen Theorie der Elektrodynamik kennen. Quantenaspekte werden, wo notwendig, qualitativ eingeführt.</p> <p>Eine zentrale Rolle im Lernprogramm nehmen die physikalischen Prinzipien verschiedener Arten von Lasern ein. Halbleiterlaser finden aufgrund ihrer großen Relevanz für technologische Anwendungen, die an Beispielen beschrieben werden, besonderes Augenmerk. Ein Bezug zur Spektroskopie wird hergestellt, indem die Bedeutung strahlender Übergänge sowohl für die Lasertätigkeit selbst als auch für die Untersuchung atomarer, molekularer und fester Materialien aufgezeigt wird. Die Studierenden lernen weiterhin, wie ultrakurze Lichtpulse erzeugt und detektiert sowie für die zeitaufgelöste Spektroskopie genutzt werden.</p> <p>Es wird ein theoretischer Apparat entwickelt und durchgängig angewendet, der die Studierenden befähigt, verschiedene Formen der linearen und nichtlinearen Licht-Materie-Wechselwirkungen quantitativ zu beschreiben.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4</i> , <i>Theoretische Physik 1-4</i> , <i>Anfängerpraktikum 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Roskos		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Laser- und Optoelektronik (Laser and Optoelectronics)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VHABAU	Halbleiter- und Bauelementephysik (Physics of Semiconductors and Electronic Devices)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Einführung der festkörperphysikalischen Besonderheiten von Halbleitern (Materialeigenschaften, Bandstruktur, Exzitonen, Dotierung, DC-Leitfähigkeit); Übergänge und Kontakte (p-n-Übergang, Schottky-Kontakt, Ohmscher Kontakt, Heterostruktur-Übergang); Feldeffekt, Tunneleffekt; Halbleiterbauelemente (Diode, Bipolartransistor, Feldeffekttransistor, Leuchtdiode, etc.); Hochfrequenzeigenschaften und -bauelemente (Gunn-Effekt, Schottkydiode), Quantisierungseffekte und ihre Nutzung (Resonante Tunneliode, HEMT-Transistor, HBT-Transistor, etc.); Bauelementemodellierung und Schaltungsentwurf; Bauelemente auf Nicht-Standardhalbleitern (Graphen, Kohlenstoffröhren).			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Ziel der Vorlesung ist die wichtigsten Grundlagen der Halbleiterbauelemente und ihrer Anwendungen zu vermitteln. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, basierend auf Quantisierungseffekten die Hochfrequenzeigenschaften moderner Halbleiterbauelemente und ihrer Modellierung zu verstehen und an einfachen Schaltungen zu studieren. In kleineren Projekten sollen die Studenten einige Eigenschaften und physikalische Grundlagen aus der Vorlesung vertiefen. Hierbei werden Teamarbeit und Literaturstudium erlernt bzw. vertieft. Der Schwerpunkt der Vorlesung liegt auf der Anwendung von nanostrukturierten Halbleiterbauelementen mit quantisierten Zuständen in modernen Schaltungen für Hochfrequenzanwendungen. Interessierte Studenten sollen in die Lage versetzt werden einige dieser Aspekte zu Bachelor- und Master-Arbeiten auszuarbeiten.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4, Theoretische Physik 1-5, Anfängerpraktikum 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Krozer		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VKRISZ	Grundlagen der Kristallzüchtung (Foundations of Crystal Growing)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Charakteristika des kristallinen Zustands der Materie; Physikalische Grundlagen der Kristallzüchtung: Phasendiagramme, Keimbildung, Segregation, Hydrodynamik; Methoden zur Kristallzüchtung aus verschiedenen ungeordneten Ausgangsphasen; Verfahren zur Material- und Kristallcharakterisierung: Differentielle Thermoanalyse, Röntgendiffraktometrie, Optische und Elektronenmikroskopie;</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Das Modul vermittelt die erforderlichen Grundlagen zur erfolgreichen Mitarbeit in einem experimentellen Projekt zur Kristallzüchtung. Die Studierenden besitzen dann die</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit, den hier angestrebten kristallinen Zustand von anderen Erscheinungsformen fester Materie abgrenzen zu können. • Fähigkeit zur Beurteilung der Machbarkeit von Kristallzüchtungsvorhaben auf Grundlage von Phasendiagrammen. • Kenntnis der experimentellen Vorgehensweise zur Bestimmung von Phasendiagrammen. • Kenntnis der Mechanismen der Keimselektion und Einsicht in die Bedingungen unter denen eine erfolgreiche Keimbildungskontrolle möglich ist. • Kenntnis der typischen Grenzschichten während des Kristallwachstums und Einsicht in die hierdurch vermittelten Einwirkungen hydrodynamischer Instabilitäten auf die Materialeigenschaften. • Kenntnis typischer Kristallzüchtungsmethoden und Fähigkeit, diese nach spezifischen Schwierigkeiten und Realisierungsaufwand zu beurteilen. • Fähigkeit, kristalline Proben über Mikroskopie und Röntgenmethoden so zu charakterisieren, dass sie erfolgreich in die Festkörperforschung eingebracht werden können. 			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			

VTHFP1	Einführung in die Theoretische Festkörperphysik (Introduction to Theoretical Solid State Physics)				CP 6	
Kontaktstudium: 75 h	Selbststudium: 105 h		SWS: 5			
Inhalte						
Struktur von Festkörpern, Born-Oppenheimer Näherung, Gitterschwingungen, nichtwechselwirkende Elektronen, Bloch Theorem, Bandstruktur, Halbleiter, elektronischer Transport, Elektron-Elektron-Wechselwirkung, Modelle für wechselwirkende Elektronen						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
In diesem Modul wird ein Überblick über die grundlegenden Konzepte der theoretischen Festkörperphysik gegeben. Der Schwerpunkt liegt auf der Behandlung von periodischen Gittern und den Eigenschaften der elektronischen Zustände in diesen. Die Vorlesung kann ergänzend zur experimentellen Festkörperphysik (VEXFP1 & 2) gehört werden und ist hinführend auf eine Bachelorarbeit in der theoretischen Festkörperphysik.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4, Theoretische Physik 1-4</i>						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		jährlich				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Valenti				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an den Übungen				
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Übung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Einführung in die Theoretische Festkörperphysik (Introduction to Theoretical Solid State Physics)		V+Ü	3+2	6	Pf	
Summe			5	6		

VTHFP2	Theorie des Magnetismus, der Supraleitung und der elektronischen Korrelationen (Theory of magnetism, superconductivity and electron-electron correlation)		CP 6
Kontaktstudium: 75 h	Selbststudium: 105 h	SWS: 5	
Inhalte			
Wechselwirkende Elektronen, Hartree-Fock Theorie, Magnetismus, Supraleitung, Fermi-Flüssigkeitstheorie und Quasi-Teilchen-Konzept, Quanten-Hall-Effekt			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
In diesem Modul werden fortgeschrittene Themen der theoretischen Festkörperphysik behandelt. Dabei wird über die Beschreibung als wechselwirkende Vielteilchensysteme insbesondere ein tieferes Verständnis für fundamental nicht-klassische Phänomene in Festkörpern vermittelt. Die Vorlesung kann ergänzend zur experimentellen Festkörperphysik (VEXFP1 & 2) gehört werden und ist hinführend auf eine Masterarbeit in der theoretischen Festkörperphysik.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4</i> , <i>Theoretische Physik 1-5</i> , <i>Einführung in die Theoretische Festkörperphysik</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Valenti		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VEXMETH	Ausgewählte Methoden der experimentellen Festkörperphysik (Selected Methods of Experimental Solid State Physics)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Auswahl aus folgenden experimentellen Methoden: Tieftemperaturphysik/Kryotechnik, Probenherstellung, Streuexperimente/Spektroskopie (Neutronen, optische Methoden, Photoemission), thermodynamische Methoden (z.B. spezifische Wärme, thermische Ausdehnung), magnetische Messungen (auf der Makro-, Mikro- und Nanoskala), elektrischer und thermischer Transport (auch zeitaufgelöst) und dielektrische Messungen, Rastersondenmethoden (Elektronenmikroskopie, Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskopie), etc.</p> <p>Beispielen aus folgenden Forschungsbereichen: Stark korrelierte Elektronensysteme, Metall-Isolator-Übergänge, Physik der Gläser, Magnetismus, Supraleitung, Nanoelektronik, (magnetische) Halbleiter, Spintronics, u.a.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Ziel des Moduls ist es, die Arbeitsweisen der modernen Festkörperphysik anhand ausgewählter experimenteller Methoden kennenzulernen.</p> <p>Aufbauend auf den Grundkenntnissen der Festkörperphysik gelingt es den Studierenden, festkörper-physikalische Grundlagenforschung anhand der Identifizierung eines Forschungsproblems und den darauf anwendbaren experimentellen Methoden nachzuvollziehen. Die Experimente werden mittels ihrer theoretischen Grundlagen erläutert und die in der Praxis verwendeten experimentellen Aufbauten besprochen. Dabei finden auch spezielle, u.a. am Physikalischen Institut verwendete Methoden Erwähnung. Abwechslungsreich, anhand von Beispielen aus der aktuellen Forschung (siehe Inhalte), werden Messergebnisse und deren mögliche Interpretationen im Rahmen theoretischer Modelle erläutert. Die Studierenden erhalten dabei Einblick in weiterführende Themen wie bspw. Phasenübergänge, Fluktuationen, unkonventionelle Supraleitung, Topologie und Nicht-Gleichgewichtsphänomene.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
erforderlich: VEX4B, empfehlenswert: VEXFP1,2 (kann auch parallel gehört werden)			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Müller		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Ausgewählte Methoden der experimentellen Festkörperphysik (Selected Methods of Experimental Solid State Physics)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

3.5 Laser-, Plasma- und Atomphysik sowie Quantenoptik

VATOM1	Atomphysik 1 (Atomic Physics 1)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Atome als quantenmechanische Teilchen: Quantenoptik mit Atomen, Doppelspalt mit Materiewellen, Dekohärenz, Verschränkung, Quantenkryptography, Quantenradierer. Wechselwirkung von Atomen und Molekülen mit einzelnen Photonen, Photoeffekt, Wirkungsquerschnitt, Drehimpulse, Wechselwirkung von Atomen mit starken Laserfeldern			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul vertieft das Verständnis der Konzepte der Quantenmechanik und deren beobachtbaren Auswirkungen. Die Studierenden werden exemplarisch an ein aktuelles Forschungsgebiet herangeführt. Sie lernen, sich komplexe Inhalte, die noch nicht in Lehrbuchform vorliegen, aus der Originalliteratur anzueignen. Die Studierenden beherrschen die anschauliche physikalische Argumentation mit minimalem mathematischen Formalismus.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Elementare Grundlagen der Quantenmechanik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Dörner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Atomphysik 1 (Atomic Physics 1)	V	2	3	Pf				X		X
Summe		2	3							

VATOM2	Atomphysik 2: Fortgeschrittene Atomphysik (Atomic Physics 2: Advanced Atomic Physics)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Einführung in die Relativistische QM (Feinstruktur, die Dirac Gleichung, Vorhersage von Antimaterie, der g-Faktor des Elektrons). Licht-Materie Wechselwirkung (Das Planck'sche Strahlungsgesetz und Herleitung nach Einstein, die Semiklassische Betrachtung und die Dipolnäherung, Grundlagen der nichtrelativistischen QED, Atomare Übergänge und Auswahlregeln, Photon-Streuungsprozesse). Moderne experimentelle Methoden zur Untersuchung der QED Effekte (Physik der Speicherringe, Laserspektroskopie, Röntgenspektroskopie und Arbeitsprinzip moderner 2d und 3d Halbleiterdetektoren, höchstpräzise Messungen des g-Faktors eines gebundenen Elektrons). Relativistische atomare Stoßprozesse. Phänomenologie der Licht-Materie Wechselwirkung im "ultra-strong regime" (Konzept eines Hochleistungslasers, Elektron im Laser-Feld und die "Ponderomotive" Kraft, Laser-induzierte Teilchenbeschleunigung und Anwendungen). Einführung in die BEC (Experimentelle Beobachtungen, MOT Falle, theoretische Grundlagen).			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Module erstrebt eine Vertiefung der und Erweiterung des Kenntnisse der Quantenmechanik. Es soll erlernt werden Brücken zwischen verschiedenen Theorien zu bilden.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Elementare Grundlagen der Quantenmechanik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Dörner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Atomphysik 2: Fortgeschrittene Atomphysik (Atomic Physics 2: Advanced Atomic Physics)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

VATOM3	Atomphysik 3 (Atomic Physics 3)				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
1. Auger-Effekt, angeregte Atome und der Weg zu neuen Quantenzahlen 2. Fundamentalprozesse in der Elektron-Atom Streuung: Resonanzstreuung, Ionisation, Diffraktionsstreuung, (e,2e) 3. Fundamentalprozesse in der Ion-Atom-Streuung: experimentelle Technik, Ionisations- und Elektroneneinfangprozesse, Besonderheiten bei sehr starken Störungen, atomic fireball, Bremsstrahlung, Antiprotonische Atome, relativistische Stöße										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Die Studierenden sind in ein anspruchsvolles modernes Gebiet der Physik auf fortgeschrittenem Niveau eingearbeitet. Sie beherrschen die grundlegenden Konzepte zur Beschreibung der Dynamik von einfachen gestörten quantenmechanischen Systemen.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Kenntnisse der theoretischen Quantenmechanik										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Dörner									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Atomphysik 3 (Atomic Physics 3)	V	2	3	Pf						X
Summe		2	3							

VATOMB	Abbildungsmethoden der modernen Atomphysik (Imaging Techniques in Atomic Physics)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Vor- und Nachteile verschiedener typischer Messsonden (geladene Teilchen, kurze intensive Laser Pulse, Synchrotronstrahlung) 2. Targets: insbes. effusive Gastargets, Atom- und Molekularstrahlen, Überschallgasjets 3. Detektoren: u. a. Channeltrons, MCPs, Phosphorschirme, CCDs, Delaylineanoden 4. Aktuelle Techniken: Impulsspektroskopie, velocity map imaging, magnetische Flasche, Coulomb Explosion Imaging, Flugzeitspektrometer, dispers. Elektronenspektrometer, Röntgenbeugung, PEEM, Photoelectron diffraction 			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die aktuell in der Forschung eingesetzten Abbildungsmethoden der Atomphysik. Sie lernen, welche Messsonde und welche Abbildungstechnik für die jeweilige atomphysikalische Fragestellung geeignet ist, und können die Vor- und Nachteile der verschiedenen Möglichkeiten gegenüberstellen. Die anschauliche physikalische Argumentation wird trainiert.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Erforderlich: Experimentalphysik 1-3; Empfehlenswert: Atomphysik 1			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Dörner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Abbildungsmethoden der modernen Atomphysik (Imaging Techniques in Atomic Physics)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VKPLT	Kurzpulslasertechnologie und Starkfeldionisation von Atomen und Molekülen (Short pulse laser technology and strong field ionization of atoms and molecules)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Kurzpulse, Propagation, Erzeugung, Verstärkung (CPA); Strahl- und Pulsparameter (Strahlprofil, Polarisation, Fokussierbarkeit, CEP); Optik (Linsen, Spiegel, AR-Beschichtung: dielektrische Spiegel, Strahlteiler und Dünnschichtpolarisatoren, Wellenplatten, Teleskope), Aberrationen; Nichtlineare Optik: Frequenzverdoppelung, Weißlichterzeugung, Optisch-parametrische Verstärkung (TOPAS), Pulskompression; Strahl- und Pulscharakterisierung (Strahlprofil-Analyse, Autokorrelator, SPIDER, FROG, M²); Optische Feldsynthese: Puls-Shaper, Zwei-Farben- und OAM-Felder; Pump-Probe Technik; Tunnel- und Multiphotonenionisation, Elektronen Impulsverteilungen, ADK Theorie, Semi-klassische Simulation, Nichtadiabatische Effekte, Elektronenspin, Photonenimpuls, MO-ADK; Anwendungen der Starkfeldionisation: Messung der Laserfeldintensität, Coulomb-Explosion Imaging, Erzeugung der hohen Harmonischen, Laser-Induced Electron Diffraction, Photoelectron Circular Dichroism</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Die Studierenden erlangen einen Überblick über Kurzpulslasertechnologie und deren Anwendung für Starkfeldionisation von Atomen und Molekülen. Eine zentrale Rolle im Lernprogramm nehmen experimentelle Konzepte der Erzeugung, Ausbreitung, Umwandlung und Charakterisierung von kurzen Laserfeldern. Im zweiten Teil des Moduls werden die Studierenden mit verschiedenen Aspekten der Starkfeldionisation von Atomen und Molekülen vertraut gemacht. Außerdem werden zahlreiche Anwendungen der Starkfeldionisation erläutert.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Experimental Physik 3a und 3b			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Dörner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Kurzpulslasertechnologie und Starkfeldionisation von Atomen und Molekülen (Short pulse laser technology and strong field ionization of atoms and molecules)	V	2	3	Pf				X		X
Summe		2	3							

VPLASMA	Plasmaphysik (Plasma Physics)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
<p>Plasmen im Universum und Labor, grundlegende Plasmamparameter, Plasmadichte und -temperatur, Ionisationsgrad, Plasmaerzeugung mit Hilfe von Entladungen, Ionen-oder Laserstrahlen, Einteilchenbewegung, Gyrationradius, Driftbewegungen, magnetische Spiegel, Townsend-Koeffizienten einer Entladung, Paschenkurve, Debye-Länge, Plasmafrequenz, Landau-Länge, Gamma-Parameter, lokales und partielles thermodynamisches Gleichgewicht, Boltzmann-Verteilung, Saha-Gleichung, weltweiter Energiebedarf, Umweltaspekte der Energieerzeugung, Brennstoffvorrat, Fusion in der Sonne, magnetischer Einschluss, Trägheitseinschluss, Bindungsenergie von Atomkernen, Schwellenenergie und Energiefreisetzung verschiedener Fusionsreaktionen, Fusionswirkungsquerschnitte und Reaktionsrate, Energiebilanz eines Fusionsplasmas, Lawson- und ρ^*r-Kriterium für Fusion, Kompression und Energiegewinn, magnetische und hydrodynamische Instabilitäten, Anforderungen an Reaktorkonzepte.</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Im Modul wird ein Überblick über Plasmen als ein Phasenzustand aus ionisierter Materie gegeben. Der gültige Parameterbereich und die Beschreibung von Plasmen wird dargestellt. Als Anwendung der Plasmaphysik werden die Bedingungen erläutert, bei denen Kernfusion zur Energiegewinnung verwendet werden kann. Dazu wird auch ein Überblick über aktuelle Forschungen und die physikalischen Grundlagen zur Fusion leichter Elemente gegeben.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3, Theoretische Physik 1-2, Anfängerpraktikum 1-2</i>		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Jacoby	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung	
Modulprüfung		

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Plasmaphysik (Plasma Physics)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		X
Summe		3	4							

VEXPO	Moderne Experimentelle Optik (Modern Experimental Optics)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Optische Abbildung im Wellenbild; Abbildung und Fourier-Transformation; nichtkonventionelle linsenfremde Abbildungsmethoden (Nahfeldverfahren, Synthetische Apertur); Holographie; Kohärenz und Korrelation, Eigenschaften von Laserlicht; Tomographie; Kristall-Optik; negativer Brechungsindex; Metamaterialien; Transformationsoptik; "Tarnkappe" aus Metamaterial; Nichtlineare Optik			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			

Grundlegende Aspekte: Das grundlegende Verständnis wellenoptischer Phänomene wird, ausgehend vom Kenntnisstand der Studierenden nach dem Besuch der Einführungs Vorlesung Exp.physik 3a, vertieft. Eine zentrale Rolle spielt die Phase der elektromagnetischen Felder. Das Einüben im Umgang mit der Phase ist auch für die Quantenmechanik hilfreich, wo der Phase der Wellenfunktion eine vergleichbare Rolle zukommt. Die Studierenden werden mit einer Reihe moderner Konzepte und Verfahren der Optik, die sowohl in der Forschung als auch in der Anwendung eine wichtige Rolle spielen, vertraut gemacht. Damit führt die Vorlesung einerseits an Themen aktueller Forschung heran und bereitet auf Bachelor-, Master- und Staatsexamensarbeiten vor, sie dient aber auch der Vorbereitung auf den Beruf im Bereich optischer Technologien und im Lehramt.

Spezifische Aspekte:

Optische Abbildung:

- Den Studierenden wird bewusst, dass der optische Abbildungsvorgang als Hintereinanderausführung Fraunhoferscher Beugung aufgefasst werden kann und dass letztere ihre mathematische Entsprechung in der Fouriertransformation findet.
- Abbildungen können simuliert, Bilder berechnet werden.
- Die Studierenden wissen um die Bedeutung der Fourier-Ebene für Verfahren zur Bildfilterung und Kontrasterzeugung in der Mikroskopie.
- Ursachen der Auflösungslimitierungen in Bezug auf die optische Abbildung werden bewusst und Auswege über moderne nichtkonventionelle Abbildungsverfahren wie Nahfeldverfahren und Methoden der synthetischen Apertur erkennbar.
- Holographie führt zu vertieftem Verständnis der Bildentstehung (Phasenproblem) und leitet über zu moderneren Anwendungsideen wie der Phasenkonjugation und der Bildauffrischung.

Kohärenz, Laserlicht:

- Kohärenz ist für die Studierenden präzise beschreibbar über die Kohärenzbedingungen.
- Die Studierenden kennen die Korrelationsfunktionen als modernes Werkzeug zur Beurteilung des Kohärenzgrades sowie Anwendungen in der modernen Astronomie.
- Die Studierenden haben eine realistische Vorstellung in Bezug auf die Kohärenzeigenschaften und die bestimmenden Parameter verschiedener Lichtquellen.
- Die Studierenden können das Zustandekommen der Granulationserscheinungen ("Speckle pattern") bei Verwendung des Laserlichts zur Beleuchtung deuten.
- An Forschungsthemen zu kohärenten Verfahren der Strahlungsfelddetektion wird herangeführt, mit denen man zur dreidimensionalen Bildgebung gelangt.

Kristalloptik:

- Die Studierenden kennen die Besonderheiten der Lichtausbreitung in Kristallen und klassifizieren diese mit dem dielektrischen Tensor hinsichtlich der opt. Anisotropie.
- Phänomene der Kristalloptik können zur Kristallorientierung eingesetzt.

Unkonventionelle optische Materialien:

- Es wird vermittelt, dass künstliche optische Materialien (Metamaterialien) die Möglichkeiten der Optik enorm erweitern. Sie ermöglichen Brechungsindices < 1 und sogar negative Indices, mit denen theoretisch Abbildung frei von Beugungsbegrenzung, perfekte Absorption, etc. möglich werden.
- Transformationsoptik: Gezielt optimierte inhomogene Metamaterialien kommen für Anwendungen wie optische "Tarnkappen" in Betracht.

Nichtlineare Optik:

- Die Studierenden erkennen typische Phänomene der nichtlinearen Optik als Folge der Wechselwirkung intensiven Lichts mit Materie und kennen die Bedingungen für deren Beobachtbarkeit. Vertraute optische Erfahrungen werden als Ergebnis einer linearen Näherung in ihrer Allgemeingültigkeit relativiert.
- Die Studierenden erhalten Einsicht in die Bedeutung von Mehrphotonenprozessen für grundsätzliche Fragestellungen der Quantenphysik.

Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls

keine

Empfohlene Vorkenntnisse

Grundlagenwissen aus den Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1, 2, und 3a</i>) sowie aus dem Physikalischen Anfängerpraktikum 1.										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, L3 Physik, MSc Biophysik									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Roskos									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Moderne Experimentelle Optik (Modern Experimental Optics)	V	2	3	Pf				X		X
Summe		2	3							

VTHZSPEC	Einführung in die Terahertz-Spektroskopie (Introduction to Terahertz Spectroscopy)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Optoelectronic generation and detection of THz pulses, spectroscopic quantities (refractive index, complex dielectric function, optical conductivity) and their extraction from THz transmission measurements, probing the high-frequency conductivity in semiconductors and nano-materials, fundamentals of the physics of charge carriers in semiconductors (effective mass, optical transitions, carrier transport in the band picture, carrier relaxation), optical-pump/THz-probe spectroscopy, Gunn effect; basics of superconductivity, high-frequency conductivity of superconductors, Cooperpair breaking and reformation, Rothwarf-Taylor model; semiconductor quantum-well structures, intra-subband transitions, semiconductor superlattices, Bloch oscillations, THz-emission spectroscopy; non-linear THz spectroscopy, phenomena at high THz fields/intensities for the example of graphene and semiconductors.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Introduction to the physics of electrons in solid-state materials on the milli-electronvolt energy scale (0.4 to 40 meV, corresponding to frequencies of 100 GHz to 10 THz), and their probing by time-domain terahertz spectroscopy. Elementary excitations of matter are discussed both with regard to their static and dynamical properties, and – where possible – implications for technical applications (such as data transmission and processing) are considered. The lecture bridges the gap between curricular solid-state physics courses and actual research. It may serve as preparation for bachelor- and master-level research work, or accompany doctoral and post- doctoral research. On the go, the skills in technical English are honed.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
<p>Basic physics as taught in the lectures <i>Experimentalphysik VEX1</i> to <i>VEX3</i> and in the <i>Anfängerpraktika</i>. Beyond that, basic knowledge of the band model of electrons in semiconductors, of the concept of phonons in the reciprocal lattice, and of superconductivity, all on the level as taught in the lecture <i>Experimentalphysik 4b: Festkörper</i>. Die gleichzeitige Teilnahme am “Seminar on Terahertz Electronics and Spectroscopy” wird empfohlen.</p>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Roskos		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Terahertz-Spektroskopie (Introduction to Terahertz Spectroscopy)	V	2	3	Pf						X
Summe		2	3							

3.6 Angewandte Physik

VBEP	Einführung in die Beschleunigerphysik (Introduction to accelerator physics)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Beschleunigungsmechanismen, Linear- und Kreisbeschleuniger, Strahlerzeugung, Fokussierung, elektrostatische und hochfrequente Strukturen, HF-Erzeugung, Beschleunigeranwendungen			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
In diesem Modul wird ein Überblick über die geschichtliche Entwicklung des Beschleunigerbaus gegeben. Die wichtigsten Beschleunigungskonzepte werden vorgestellt sowie damit erzielte wissenschaftliche Durchbrüche angesprochen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3</i> , <i>Theoretische Physik 1–3</i> , <i>Atomphysik 1</i> , <i>Anfängerpraktikum 1–2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Beschleunigerphysik (Introduction to accelerator physics)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		X
Summe		3	4							

VELSEN	Elektronik und Sensorik (Electronics and Sensorics)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
Die Vorlesung <i>Elektronik und Sensorik I</i> bietet eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundsaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Das Modul bietet eine Einführung in die Grundlagen der Elektronik und Schaltungstechnik. Ziel des Modules ist es, den Studierenden einen kompakten Einblick in die Funktionsweise analoger und digitaler Schaltungen zu vermitteln, die z.B. im Bereich der eingebetteten Systeme (wie im Automotive- oder Multimediabereich) zunehmend ineinandergreifen. Daher wird zunächst die Theorie elektrischer Netzwerke und die Funktionsweise von Halbleiterbauelementen, sowie Grundsaltungen in der Analogelektronik mit Dioden, Transistoren und Thyristoren besprochen.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
keine		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc und MSc Physik, BSc und MSc Biophysik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung	
Modulprüfung		

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Elektronik und Sensorik I (Electronics and Sensorics I)	V+Ü	2+1	4	Pf			X		X	
Summe		3	4							

VDIGEL	Digitale Elektronik (Digital Electronics)				CP 3								
Kontaktstudium: 30 h		Selbststudium: 60 h		SWS: 2									
Inhalte													
In der Vorlesung <i>Digitale Elektronik I</i> werden zunächst die für das Digitalelektronikpraktikum benötigten Kenntnisse vorbereitet, so werden z.B. die boolsche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien eingeführt. Hierbei wird Wert auf die praxisnahe Gestaltung der Vorlesung gelegt.													
Lernergebnisse/Kompetenzziele													
Den Studierenden erhalten einen breiten Einblick in die Funktionsweise digitaler Schaltungen. Durch die praxisnahe Gestaltung der Vorlesung werden die Studierenden darauf hingeführt, zukünftige vertiefende Arbeiten und Aufgabenstellungen auf dem Gebiet sicher einzuordnen und kleinere Projekte auf dem Gebiet durchzuführen. Das Modul richtet sich an Studierende aller Semester.													
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls													
keine													
Empfohlene Vorkenntnisse													
Grundkenntnisse von Halbleiterbauelementen (Diode und Transistor als Schalter)													
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)				BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit				BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots				jährlich									
Dauer				einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter				Fröhlich									
Unterrichts- / Prüfungssprache				Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen													
Teilnahmenachweise				keine									
Leistungsnachweise				Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen				Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen				Vorlesung									
Modulprüfung													
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)													
Lehrveranstaltungen des Moduls				LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
								1	2	3	4	5	6
Digitale Elektronik I (Digital Electronics I)				V	2	3	Pf				X		X
Summe					2	3							

VLINAC	Linearbeschleuniger (Linear Accelerators)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Elektronen- und Ionenquellen, Separationstechniken, Strahltransportelemente, Überblick über vielzellige Resonatoren, hochfrequenzphysikalische Grundlagen, Strahllast, Liouvillescher Satz, Vlasov- und Fokker-Planck-Gleichungen, raumladungsdominierte Strahlen, Raumladungskompensation, Anwendungen			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul dient der Vermittlung von Grundbegriffen und Konzepten zu Linearbeschleunigern für Elektronen und Hadronen und zu Ionenquellen. Diese werden gemeinsam mit den Studierenden entwickelt. Damit wird ein vertiefter Überblick über ein aktuelles Forschungsgebiet der Beschleunigerphysik vermittelt. Der oder die Studierende beherrscht nach Absolvieren des Moduls die Strahldynamik zu und die Auslegung von Strahltransportstrecken und Linearbeschleunigerelementen. Das umfasst unter anderem Hochfrequenzresonatoren, sowie die Strahldynamik von raumladungsdominierten Strahlen. Die Studierenden können die Ergebnisse des Moduls zusammengefasst aufbereiten und ggf. auch in einem Vortrag präsentieren.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4, Theoretische Physik 1-3</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VSYNCR	Ringbeschleuniger und Speicherringe (Synchrotrons and Storage Rings)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Kreisbeschleunigerkomponenten, Emittanz, Alternierende Gradienten Fokussierung, Strahltransport intensiver Strahlen, Strahlstabilität, Strahlkühlung, HF-Systeme, Ring-Strahldynamik (transversal, longitudinal), selbstkonsistente Teilchenverteilungen			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul dient einer weitgehenden fachlichen Spezialisierung im Bereich Beschleunigerphysik, speziell zu den Ringbeschleunigern. Es vertieft das fachliche und methodische Wissen, was in der Einführungsvorlesung vermittelt wird. Die Studenten haben das fachliche Wissen zur Theorie der Strahldynamik, der Beschleunigerkomponenten und der Hochfrequenzresonatoren in Hinblick auf Ringbeschleuniger erweitert. Die Studenten sind nach Absolvieren des Moduls in der Lage die strahldynamischen Grundzellen, die HF-Systeme und die Magnete eines Ringbeschleunigers auszulegen. Die relevante Literatur zum Stand der Ringbeschleuniger ist den Studenten bekannt, so dass eigene Literaturrecherchen durchgeführt werden können.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3, Theoretische Physik 1–3, Anfängerpraktikum 1–2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Podlech		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Ringbeschleuniger und Speicherringe (Synchrotrons and Storage Rings)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		X
Summe		3	4							

VSUPAC	Supraleitung in der Beschleuniger- und Fusionstechnologie (Superconductivity in accelerator and fusion technology)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Grundlagen und Phänomene der Supraleitung, wichtigste Verbindungen, Leiterherstellung, Spulenaufbau, Magnete, Hochfrequenzsupraleitung, supraleitende Resonatoren, Herstellung und Oberflächenpräparation, Tuning, Ankopplung, Messverfahren, aktuelle Forschungsprojekte			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Der Besuch der Vorlesung erlaubt den Studierenden einen Einblick in das äußerst aktive Feld der Supraleitung und deren Anwendungen in Beschleuniger- und Fusionstechnologie. Insbesondere erhalten Sie einen tiefen Einblick in die Hochfrequenzsupraleitung. Gemeinsam werden die theoretischen Grundlagen zum Test supraleitender Resonatoren erarbeitet. Die Vorlesung gibt einen Einblick in eine Vielzahl von Fragestellungen und Phänomenen wie Hochfrequenzwellen, Verlustleitung, Feldemission, Multipacting, Strukturmechanik, Feld- und Frequenz-tuning. Anhand von Übungen können die Studierenden sich vertiefend mit diesen Themen auseinandersetzen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4, Theoretische Physik 1-3, Anfängerpraktikum 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Podlech		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VVAKP1	Vakuumphysik I (Vacuum Physics I)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
Kinetic theory of gases (pressure, velocity distribution, mean free path). Gas flow types: molecular, laminar and turbulent regimes. Compressible flow. Flow resistance (conductance), connection of resistances. Pumping speed. Choked flow. Transitional flow. Evaporation condensation. Pumping processes. Physics of vacuum pumps: Positive Displacement Pumps (liquid ring, rotary, roots). Multistage Pumps. Example of Pump down with Leak. Kinetic pumps (Molecular drag, Turbo Molecular, Diffusion Pump). Capture Pumps (Getter Pump + Example, Sputter-ion pump, Cryo-pump). Gauges: Short introductory to statistics of measurements (error-bars, Chi squared test), Liquid manometers (McLeod), Piston gauge, Capacitance Gauge.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Die Studierenden sind vertraut mit Berechnungsmethoden und Konzepten zur Auslegung von Vakuumkammern sowie zur Ausstattung mit Vakuumpumpen und Messgeräten. Die Studierenden sind nach Absolvieren dieses Moduls vorbereitet für diejenigen Bachelor- und Masterarbeiten in der experimentellen Physik, die mit Vakuumserzeugung verknüpft sind.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2, Theoretische Physik 1-2</i>		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung	
Modulprüfung		

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Vakuumphysik I (Vacuum Physics I)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		X
Summe		3	4							

VVAKP2	Vakuumphysik II (Vacuum Physics II)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
Introduction of Kinetic theory of gases: Pressure and Temperature. Viscosity Gauges: Kinematic model of viscosity, Momentum transport, Effect of Boundary. Spinning Rotor Gauge. Thermal conductivity Gauges: Kinetic model of heat conductivity in gases, Effect of Boundary. Heat flux in a cylinder. Energy loss mechanisms (by radiation, by conduction, by gas transport). Pirani Gauge. Ionization Gauges: Hot Cathode Gauge, Bayard- Alpert Gauge. Cold Cathode Gauge: Penning Gauge. Inverted Magnetron Gauge. Partial Pressure Analysis: Quadrupole Mass Spectrometer, Magnetic Sector Analyzer, Time of Flight Mass Analyzer, Trochoidal Mass Analyzer, Omegatron. Leak Detection. Gas-Surface interactions and Diffusion: Adsorption, Absorption, Outgassing. Pressure Profile: equation of pressure evolution (x,t) and application to Accelerators. Beam collimation and Vacuum pressure. Vacuum instability.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Methoden zur Analyse der Restgasverteilung werden vermittelt. Oberflächenprozesse allgemein sowie speziell Strahl-Wand-Wechselwirkungen bei intensiven Teilchenstrahlen werden vorgestellt. Die Vorlesung ist für alle Themengebiete hilfreich, die mit Vakuumserzeugung verknüpft sind und ergänzend zum erten Teil. Bei vielen Bachelor- und Masterarbeiten in der experimentellen Physik werden die hier vermittelten Kenntnisse angewandt. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2, Theoretische Physik 1-2</i>		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung	
Modulprüfung		

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Vakuumphysik II (Vacuum Physics II)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

VEXNUAS	Experimente zur nuklearen Astrophysik (Experiments of nuclear astrophysics)				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
Messung von Reaktionen mit geladenen Teilchen, Messung von photoneninduzierten Reaktionen, Messung von neutroneninduzierten Reaktionen										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
In diesem Modul werden spezielle experimentelle Techniken der Kernphysik, die für Prozesse der nuklearen Astrophysik wichtig sind, detailliert vorgestellt, so dass die Studierenden befähigt werden, an experimentellen Programmen in dieser Richtung teilzunehmen.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Einführung in die Astronomie 1-2, Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimente zur nuklearen Astrophysik (Experiments of nuclear astrophysics)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VENGW	Physik der Energiegewinnung (Physics of Energy Production)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Sozioökonomische Zusammenhänge hinsichtlich Energieverbrauch, Wirtschaftsleistung usw., historische Entwicklung des Energieverbrauchs, Energie als physikalische Größe, Energieerntefaktor, fossile Energieträger (Entstehung, Vorkommen, Abbau), Treibhauseffekt, Kreisprozesse und Wärmekraftmaschinen (Motoren, Turbinen), Kraft-Wärme-Kopplung, Regenerative Energieformen (Photovoltaik, Photothermik, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermik), Kernspaltung (Grundlagen, Reaktortypen, Neutronenbilanz, Aufarbeitung), Transmutation, Fusion, Risikobegriff, Speicherung von Energie, Transport von Energie			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul behandelt die physikalischen Grundlagen der Energieumwandlung im Hinblick auf die Energieversorgung. Neben sozioökonomischen und historischen Zusammenhängen lernen die Studierenden wichtige Grundbegriffe der Energieversorgung wie Wirkungsgrad, Energieerntefaktor, Energierücklaufzeit und Globalbilanz kennen. Der Schwerpunkt der Vorlesung liegt auf der Beschreibung der Grundlagen der verschiedenen Energiequellen (fossil, regenerativ, nuklear) mit ihren jeweiligen Potentialen und Grenzen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4, Anfängerpraktikum 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Podlech		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physik der Energiegewinnung (Physics of Energy Production)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

VPLAHER1	Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor I (High Energy Density Plasmas: X-rays in the Universe and Laboratory I)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
Grundlagen Plasmaphysik, hydrodynamische Gleichungen, Erzeugung und Eigenschaften von Plasmen hoher Energiedichte, Anwendung in Planetenmodellen, Erzeugung im Labor (Schockwellen, Röntgen- und Teilchenstrahlen), Laser-erzeugte Plasmen, Hochenergielaser, Inertialfusion		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Das Modul soll die Grundlagen für die Erzeugung von Plasmen hoher Energiedichte vermitteln. Es werden moderne experimentelle Techniken vorgestellt, die Vorlesung ist eng verbunden mit der aktuellen Forschung, insbesondere mit laufenden Experimenten an der GSI und anderen Großforschungseinrichtungen.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3</i> , Grundlagen der Atomphysik		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung	
Modulprüfung		

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor (High Energy Density Plasmas: X-rays in the Universe and Laboratory I)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

VPLAHER2	Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor II (High Energy Density Plasmas: X-rays in the Universe and Laboratory II)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Strahlungsmechanismen, Diagnostiken, technische und astrophysikalische Anwendungen. Verschiedene Strahlungsmechanismen. Elementare Prozesse in Plasma. Röntgen-Spektren aus Plasmen - Informationsquelle über Plasmeneigenschaften. Methoden und Techniken von Röntgendiagnostiken. Anwendungen für Lasererzeugten Plasmen.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul soll weiterführende Grundlagen für die Erzeugung von Plasmen hoher Energiedichte vermitteln. Es werden moderne experimentelle Techniken vorgestellt, die Vorlesung ist eng verbunden mit der aktuellen Forschung, insbesondere mit laufenden Experimenten an der GSI und anderen Großforschungseinrichtungen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3</i> , Grundlagen der Atomphysik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VHSPANN	Physik und Anwendungen der Hochspannungstechnik (Physics and Application of High Voltage Technology)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
<p>Aufgaben und Anwendungen der Hochspannungstechnik, Perspektiven der Hochspannungstechnik, Wechsel- und Drehstromtechnik, Energieübertragung, Grundlagen elektrischer Felder, technische Beanspruchungen, statische, stationäre und quasistationäre Felder in homogenen Dielektrika, Gasentladungskennlinien, raumladungsfreie Entladung im homogenen Feld (nach Townsend und Paschen), raumladungsbeschwerte Entladung, Kanalentladung (Streamer-Mechanismus), Entladeverzug, Stoßkennlinien und Hochfrequenzdurchschlag, Entladungen im inhomogenen Feld, Oberflächenentladungen, Funken-, Bogen- und Blitzentladung, Entladungen in flüssigen und festen Dielektrika, Entladungen in festen Stoffen, Teilentladungen (TE), Vakuumdurchschlag, Isolierstoffe, Typische Isoliersysteme für Gleich-, Wechsel-, und Impulsspannungen, Prüfen, Messen, Diagnose, Hochspannungsprüfungen, Überspannungsableiter, Erzeugung hoher Spannungen, weitere Anwendungen, Blitzschutz, Sicherstellung der EMV, Hochleistungsimpulstechnik.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Im Modul wird eine Einführung in die Grundbegriffe der Hochspannungstechnik gegeben. Dabei wird ein Überblick über die Aufgaben und Anwendungen der Hochspannungstechnik dargestellt und die Grundlagen der elektrischen Energieübertragung, elektrischer Felder und Gasentladungen abgehandelt. Weiterhin gibt es eine Einführung über Isolierstoffe, Transformatoren, Kondensatoren, Gasentladungsschalter. Weitere wichtige Inhalte des Moduls bilden die Hochspannungsmesstechnik, Marxgeneratoren, Blitzschutz und EMV. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung anhand von Beispielen.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3</i> , <i>Theoretische Physik 1-2</i> und <i>Anfängerpraktikum 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Iberler		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physik und Anwendungen der Hochspannungstechnik (Physics and Applications of High Voltage Technology)	V+Ü	2+1	4	Pf						X
Summe		3	4							

VCOMPSIG	Grundlagen der computergestützten Signalverarbeitung (Basics of computer-aided signal processing)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Einführung Signal- und Systemtheorie, Signalverarbeitungsmethoden im Zeitbereich, Frequenzbereich und Zeitfrequenzbereich (z.B. Waveletanalyse), statistische Signalverarbeitung, Mustererkennung			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine Einführung in die computergestützte Signalverarbeitung gegeben, bei der die Vermittlung von grundlegenden Analysekonzepten im Vordergrund steht. Anschließend erfolgt im zweiten Teil die Bearbeitung von Mini-Projekten mit aktuellem Forschungsbezug, die in Form von kleinen Projektteams erarbeitet werden. Am Ende steht die Präsentation der Ergebnisse. Ein wichtiges Ziel der Veranstaltung besteht in der Vermittlung von methodischen Kenntnissen, die unmittelbar auf die Bachelor- bzw. Masterarbeit vorbereiten.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
keine			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Krozer		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Grundlagen der computergestützten Signalverarbeitung (Basics of computer-aided signal processing)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		X
Summe		3	4							

VMUKLA	Musterklassifikation und Signalschätzung (Pattern classification and signal estimation)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Musterklassifikation mit Support-Vector-Machines, Musterklassifikation basierend auf Topologischen Merkmalskarten, mehrschichtigen Perzeptrons und Radial-Basis-Funktionen; Theoretische Grundlagen statistischer Musterklassifikation, Klassifikation dynamischer Muster mit Hidden-Markov-Modellen.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Gegenstand der Vorlesung sind Konzepte moderner Methoden der Signalverarbeitung mit Schwerpunkt auf Musterklassifikation. Ziel ist die Vermittlung von theoretischen Grundlagen anwendungsorientierter Verfahren der Signalanalyse sowie deren algorithmische Umsetzung in einer praxisnahen Darstellung. Anhand von Beispielen aus verschiedenen Anwendungsbereichen werden typische Problemstellungen und Vorgehensweise beim Einsatz der datengetriebenen Signalverarbeitungsmethoden diskutiert. Hierdurch werden die Studierenden einerseits angeregt die theoretischen Konzepte selbständig weiter zu vertiefen und andererseits in die Lage versetzt, die Anwendung der Konzepte auf andere Bereiche vorzunehmen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Mathematik für Studierende der Physik 1 - 3</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Musterklassifikation und Signalschätzung (Pattern classification and signal estimation)	V	2	3	Pf				X		X
Summe		2	3							

VANION	Grundlagen der Analytik und Oberflächenmodifizierung mit Ionenstrahlen (Principles of Analytics and Surface Modification with Ion Beams)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Modelle für niederenergetische Kernreaktionen; niederenergetische Teilchenbeschleuniger; Detektoren für den Nachweis von Ionen, Röntgen- und Gammastrahlung; Bremsvermögen von Ionen in Materie; Grundlagen der Ionenimplantation; Berechnung von Implantationsprofilen; Beispiele für die Oberflächenmodifizierung mittels Ionenimplantation; Überblick über die Verfahren der Ionenstrahlanalytik (RBS, PIXE, PIGE, NRA, Channeling); Tiefenprofilierung leichter Elemente mittels PIGE; Anwendung der Oberflächenmodifizierung in der Materialforschung und Medizin.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Studierende erlangen grundlegendes Verständnis für die Wechselwirkungen von energiereichen Ionen in Materie. Sie sind in der Lage, aus dem Ensemble der Ionenstrahlverfahren die geeignete Methode auszuwählen und für die zerstörungsfreie Analytik einzusetzen. Das erworbene Wissen über Ionenimplantation befähigt sie, dieses leistungsfähige Verfahren zur Modifizierung von Werkstoffeigenschaften anzuwenden.</p> <p>Das Modul bereitet Studierende auf die Arbeit an Teilchenbeschleunigern (bis ca. 10 MV) und Implantationsanlagen vor. Im Bereich der Ionenstrahlanalytik umfasst dies den Aufbau der experimentellen Anordnung, Wahl der Ionensorte und -energie sowie die Auswertung. Damit umfasst das Modul typische Elemente von Bachelor-, Master-, und Doktorarbeiten auf diesem Gebiet und ist auch als Voraussetzung dafür konzipiert.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Module VEX1A (Mechanik), VEX2 (Elektrodynamik), VEX3 (Optik, Atome und Quanten)			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Dörner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Grundlagen der Analytik und Oberflächenmodifizierung mit Ionenstrahlen (Principles of Analytics and Surface Modification with Ion Beams)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VLASAC	Laseranwendungen in der Beschleunigerphysik (Laser Applications in Accelerator Physics)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
<p>The lecture focuses on laser applications in particle accelerators. The contents of the lecture are: Introduction to lasers with a focus on high power lasers in the TW and PW range; Laser-plasma interactions and laser-matter interactions with the special application laser ion source"; Different methods of particle acceleration with high power lasers such as TNSA (Target Normal Sheath Acceleration), LWFA (Laser Wakefield Acceleration), and Dielectric Laser Accelerators with an overview of current research activities; The potential of laser driven accelerator concepts for the design of future research facilities and the applications of laser-accelerated beams; Beam matching of laser-accelerated beams to conventional linac structures and laser based beam diagnostics; Other topics of this lecture are free electron lasers (FELs) and their applications. Important mechanisms in FELs like undulators, self-amplified spontaneous emission, micro-bunching and seeding will be explained.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>The students will become familiar with recent technology for large-scale research facilities and gain an understanding of the involved physical concepts. By incorporating recent research results in the lecture, the students will gain an understanding of the research field and get familiar with scientific publications.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Module VEX3, VTH3, VBEP			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Laseranwendungen in der Beschleunigerphysik (Laser Applications in Accelerator Physics)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

VBISD	Beschleuniger Strahlinstrumentierung und Diagnose (Accelerator beam instrumentation and diagnostics)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>Es werden folgende Themen behandelt: Aufgaben der Strahldiagnostik an Beschleunigern, Messgeräte zur Strahlstrom-Messung, Verfahren der transversalen Profilmessung, Methoden der Emittanzbestimmung, Physik und Technik der Beam Position Monitore, Messung longitudinaler Strahlparameter, Strahlverlust-Detektion. Die Herleitung der Funktionsprinzipien der Instrumente wird ausführlich behandelt. Weiterhin liegt ein Schwerpunkt auf der Durchführung von Messaufgaben mit praxis-relevanten Methoden als Teil der Übungen, d.h. mess-technischer Demonstrationen der Instrumente mit Oszilloskop, Spektrum- und Netzwerkanalysatoren.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Primär: Die grundlegenden Verfahren zur Diagnose von Ionen- und Elektronenstrahlen werden in der Vorlesung diskutiert. Das Ziel ist, die physikalischen Grundlagen zu verstehen, um die Methoden bei Beschleunigern anzuwenden bzw. Messergebnisse richtig zu interpretieren. Weiterhin werden Grundlagen der Messtechnik praxis-nah dargestellt, um eine adäquate Auslegung der Diagnosegeräte zu ermöglichen. Die praktische Benutzung von Messmethoden insbesondere zur Hochfrequenztechnik mit adäquaten Messgeräten wird erlernt. Die Fähigkeit zur selbständigen Durchführung von Gerätetests soll erreicht werden.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4</i> , Anfängerpraktikum, Einführung in die Beschleunigerphysik (oder äquivalentes Wissen)			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Beschleuniger Strahlinstrumentierung und Diagnose (Accelerator beam instrumentation and diagnostics)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VHIACC	Hochintensitätsbeschleuniger und ihre Anwendungen (High Intensity Accelerators and their Applications)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Das Modul behandelt Hochintensitäts-Beschleuniger. Nach einer allgemeinen Einführung liegt der Schwerpunkt auf hohen Intensitäten und den assoziierten Effekten. Grundlagen der Strahldynamik, transversale und longitudinale Strahldynamik, Raumladungseffekte, spezielle Effekte in raumladungs-dominierten Beschleunigern, Hochstrom-Ionenquellen, HF-Parameter, RFQ-Strukturen, Driftröhrenstrukturen, supraleitende HF-Strukturen, FRANZ-Projekt, MYRRHA-Projekt, IFMIF, FRIB, ESS, FAIR, HBS.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Detaillierte Kenntnisse der relevanten physikalischen Phänomene versetzt die Studierenden in die Lage einen Zugang zu der Entwicklung von Hochstrombeschleunigern bzw. der jeweiligen Subsysteme zu finden bzw. Herausforderungen dieser Anlagen zu realisieren. Das Modul bereitet Studierende für die Arbeit an Hochstrombeschleunigern bzw. für deren Auslegung und Realisierung vor. Die Grundlagen der Hochstromstrahldynamik, von thermisch hoch belasteten Beschleunigerkavitäten und deren Subsysteme sind die Grundlagen für Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten auf diesem Gebiet.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Module VAEX1A, VEX1B, VEX2, VEX3, VEX4A			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Podlech		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Hochintensitätsbeschleuniger und ihre Anwendungen (High Intensity Accelerators and their Applications)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

3.7 Biophysik

VBIOMOL-DYN	Biomolekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden (Biomolecular Dynamics — Measuring Methods and Applications from Femtoseconds to Seconds)	CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2
Inhalte		
<p>Experimentelle Methoden werden vorgestellt aus den Bereichen: Ultrakurzzeitspektroskopie; nichtlineare Laserspektroskopie; Einzelmolekülspektroskopie; Einzelmolekülmikroskopie; Kraftmikroskopie; Optische Pinzetten; zeitaufgelöste NMR-Spektroskopie; Massenspektrometrie; zeitaufgelöste Röntgenbeugung, Kristallographie und Elektronenbeugung. Der Informationsgehalt der verschiedenen Experimente wird anhand wichtiger Beispiele erläutert. Diese umfassen unter anderem: Protonentransfer; Bruch und Bildung chemischer Bindungen; Katalysatoren; Bildung transienter Strukturen in Flüssigkeiten; Energietransfer in Molekülen; Proteinfaltung; Enzymfunktion; Photorezeptoren; Molekulare Motoren; Photosynthese.</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Die Studierenden erlangen einen Überblick über dynamische Prozesse in Molekülen mit Bedeutung für chemische Reaktionen, für die Funktion von biologischen Makromolekülen im Organismus und für Strukturbildung in kondensierter Materie. Die Bedeutung der Kopplung von Prozessen auf verschiedenen Zeitskalen (Femtosekunden bis Sekunden), sowie auf verschiedenen Längenskalen (Bruchteil einer Bindungslänge bis hin zum Durchmesser grosser Proteine) wird erarbeitet. Die Studierenden lernen aktuellste Methoden kennen, die die Messung von Moleküldynamik auf diesen unterschiedlichen Zeit- und Längenskalen ermöglichen.</p> <p>Die Studierenden können die Aussagekraft von Experimenten in der Fachliteratur richtig beurteilen. Die Studierenden können beurteilen welche Informationen über Moleküldynamik mit unterschiedlichen Methoden zugänglich sind und die Methode wählen, die für eine bestimmte Fragestellung geeignet ist. Die Studierenden können die Bedeutung von Moleküldynamik für unterschiedliche Phänomene (chemische Reaktionen, Proteinfunktion, Strukturbildung in kondensierter Materie) einschätzen.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
keine		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Biophysik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik, BSc Chemie, MSc Chemie	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Bredenbeck	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	keine	
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Biophysik, unbenotet	

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (30 Min.) oder einer Klausur (90 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Biomolekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden (Biomolecular Dynamics — Measuring Methods and Applications from Femtoseconds to Seconds)	V	2	3	Pf						X
Summe		2	3							

VBCMETH	Biochemische Methoden in der Biophysik (Biochemical Methods in Biophysics)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Die vorgestellten Techniken beinhalten: Methoden der Molekularbiologie (Identifikation und Isolierung von Genen, Sequenzierung, Synthese, Klonierung, Mutagenese, Expression von rekombinanten Genen); Proteinchemische Methoden (lösliche Expression, Rückfaltung von denaturierten Proteinen, Besonderheiten bei Membranproteinen, chromatographische Trennverfahren, Pufferaustausch und Konzentrieren, Immobilisieren, Kristallisieren); Analytische Methoden (Konzentrations- und Reinheitsbestimmung, Elektrophorese, Bestimmung von Bindungskonstanten und Aktivitäten); Markierungstechniken (<i>Tags</i> , chemische Label, Isotopenlabel, künstliche Aminosäuren); biochemisch relevante Datenbanken und Software			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul vermittelt häufig angewendete Methoden für die Herstellung und Modifikation biologischer Proben, z.B. Proteinen, die biophysikalisch untersucht werden sollen. Die Kenntnis dieser Methoden ist in dreifacher Hinsicht wichtig:			
<ul style="list-style-type: none"> • für die Produktion eigener Proben • für die korrekte Behandlung und Kontrolle von Proben, die z.B. ein Kooperationspartner zur Verfügung stellt • für die Interpretation von Untersuchungsergebnissen, sowohl eigener als auch solchen aus der Literatur 			
In Übungsaufgaben wird das erworbene Wissen angewendet und vertieft.			
Die Studenten sollen befähigt werden, den Methodenteil und die Aussagekraft von Messungen in der Fachliteratur korrekt zu interpretieren sowie eigene Experimente sinnvoll zu planen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Grundbegriffe der allg. und anorganischen Chemie (Begriffe: Stoffmenge, Konzentration, Reaktionsgeschwindigkeit und -gleichgewicht, pH-Wert; Funktionsweise von Puffern), Struktur von Nukleinsäuren und Proteinen, Grundlagen der elektronischen Spektroskopie (Absorptionskoeffizient, Lambert-Beer'sches Gesetz, Fluoreszenz) Grundkenntnisse der Biochemie (Stoffwechsel von Pro- und Eukaryoten) und der organischen Chemie (grundlegende Reaktionstypen) sind wünschenswert			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Biophysik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc und MSc Biophysik, BSc und MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Wille		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (30 Min.) oder einer Klausur (90 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Biochemische Methoden in der Biophysik (Biochemical Methods in Biophysics)	V	2	3	Pf						X
Summe		2	3							

VSTUMBPH	Strahlen- und Umweltbiophysik (Radiation and Environmental Biophysics)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Grundlagen der Wechselwirkung ionisierender und nichtionisierender Strahlung mit Materie; Grundbegriffe von Dosis, Dosimetrie; gesetzliche Grundlagen des Strahlenschutzes; Anwendungen von Teilchenstrahlung und elektromagnetischer Strahlung in der Medizin; natürliche und künstliche Radioaktivität; nicht-ionisierende Strahlung. Übungen sind in die Vorlesung integriert.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung der Grundlagen der Wechselwirkung ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung mit Materie und die Bewertung von Risiken aus diesen Wechselwirkungen. Die Studierenden lernen die sachliche Bewertung der potentiellen Risiken ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung auf der physikalischen Grundlage der Wechselwirkung von Strahlung mit Materie. Mit diesen Grundlagen werden sie beispielsweise in die Lage versetzt, im sozialen Spannungsfeld zwischen Hochtechnologien und der verbreiteten naiven Technikfeindlichkeit kompetent und sachlich begründet Stellung zu beziehen und Bewertungen abzugeben.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Grundlagen des Atommodells und des Aufbaus der Atomkerne, beispielsweise aus der Vorlesung Experimentalvorlesung 3 (Atome und Quanten)			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Biophysik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Klein		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Biophysik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

LEMIKRO	Licht- und Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung (Light and Electron Microscopy with Image Processing)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
<p><i>Licht- und Elektronenmikroskopie:</i> Moderne Visualisierungsverfahren in Forschung und Entwicklung in Biologie und Medizin erfordern die Verschmelzung verschiedener mikroskopischer Verfahren. In der Vorlesung werden verschiedene mikroskopische Verfahren ausführlich dargestellt und ihr mathematischer und physikalischer Hintergrund detailliert erläutert. Wir bieten eine Einführung in Mikroskopietechniken, beginnend bei konventioneller Lichtmikroskopie und Fluoreszenzmikroskopie, und weiter zur Transmissionselektronenmikroskopie und -tomografie. Die Vorlesung wird begleitet von einem Praktikum, in dem die Studierenden die Entwicklung von Softwarealgorithmen in MATLAB und/oder C++ üben.</p> <p>Schlüsselworte: Lichtmikroskopie (verschiedene Anwendungen), Elektronenmikroskopie (verschiedene Anwendungen), Fourier-Transformation</p> <p>Modern visualization of samples in research and development in biology and medicine can only be performed through the merging of different microscopy methods. Here we offer a lecture, which comprehensively addresses several microscopy techniques, and explains their physical and mathematical background in detail. We give a comprehensive introduction to microscopy techniques, starting from conventional light microscopy and fluorescence light microscopy and proceeding to transmission electron microscopy and tomography. Accompanying to the lecture we run a practical course to train students in the development of new software algorithms on platforms like MATLAB and/or C++.</p> <p>Keywords: light microscopy (various applications), electron microscopy (various applications), Fourier transform</p> <p><i>Licht- und Elektronenmikroskopie: Bildverarbeitung mit MATLAB:</i> Moderne Visualisierungsverfahren in Forschung und Entwicklung in Biologie und Medizin erfordern die Verschmelzung verschiedener mikroskopischer Verfahren. Begleitend zur Vorlesung <i>Licht- und Elektronenmikroskopie</i> bieten wir dieses Praktikum an, in dem die Studierenden die Entwicklung von Softwarealgorithmen in MATLAB und/oder C++ üben. Übungen für die Folgewoche werden eine Woche vorher ausgegeben. In den zwei Stunden des Praktikums werden die Algorithmen und Ergebnisse der Studierenden detailliert mit den Tutoren besprochen. Die Hausaufgaben sollen in der anschließenden Woche fertig bearbeitet sein, wonach sich die Schrittfolge wiederholt. Auf diese Weise wird die Komplexität der Algorithmen schrittweise erhöht und eine gute Lernerfahrung erreicht. Wir bieten technische und inhaltliche Beratung während der ganzen Woche, so dass alle Übungen erfolgreich bearbeitet werden können.</p> <p>Schlüsselworte: Lichtmikroskopie (verschiedene Anwendungen), Elektronenmikroskopie (verschiedene Anwendungen), Fourier-Transformation, MATLAB-Programmierung, C/C++ -Programmierung</p> <p>Modern visualization of samples in research and development in biology and medicine can only be performed through the merging of different microscopy methods. Accompanying to the lecture <i>Light and Electron Microscopy</i> we run this practical course to train students in the development of new software algorithms on platforms like MATLAB and/or C++.</p> <p>Exercises for the following week are given to the students one week ahead. In the two hours of the practical course, the algorithms and results of the students are being discussed in detail with the tutors. The students are expected to have finished their homework by the following week, where the procedure is repeated again. In this way we maintain a stepwise increase in the complexity of the algorithms, and a great learning experience. We offer support both in terms of hardware and consulting throughout the week, such that all exercises are completed successfully.</p> <p>Keywords: electron microscopy (various applications), light microscopy (various applications), Fourier Transform, MATLAB programming, C/C++ programming</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			

Mikroskopische Verfahren sind unerlässlich für Diagnose, Analyse und Untersuchung einer großen Vielfalt an Proben auf allen Auflösungsstufen, beginnend bei Molekülen, über einzelne Zellen hin zu kompletten Organismen.

Vorlesung: Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung eines breiten Spektrums moderner mikroskopischer Verfahren, wie sie in Forschung und Industrie eingesetzt werden. Nach der Vorlesung können die Studierenden die Anwendungsfelder, Ähnlichkeiten und Unterschiede dieser Verfahren benennen.

Darüberhinaus sind die Studierenden in der Lage, die richtigen Methoden für eine gegebene Anwendung auszuwählen und zu kombinieren; sie verstehen die Einschränkungen bei der Probenpräparation und können selbstständig Experimente für medizinische und biologische Fragestellungen entwerfen.

Praktikum: Die Themen der Vorlesung werden im praktischen Kurs vertieft, in dem die Studierenden in moderne Softwareentwicklung eingeführt werden und lernen, mit modernen High-Level-Programmiersprachen wie MATLAB zu programmieren.

Microscopy methods are indispensable in diagnosis, analysis and investigation of a large variety of samples across the resolution scale, starting from molecules to single cells to complete organisms.

Vorlesung: The aim of the lecture is to teach a wide spectrum of modern microscopy techniques, as being used in cutting-edge research and industry. At the end of this lecture the students should be able to understand the areas of application for the above-mentioned techniques, their similarities and differences. Furthermore, the students should be able to choose and combine the proper technique for their specific application, understand the preparation caveats and being able to independently design experiments in order to address various medical and biological questions.

Praktikum: The topics of the lecture can be deepened in the accompanying practical course which trains the students in modern programming higher-level languages (e.g. MATLAB), and teaches them modern software development.

Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls

keine

Empfohlene Vorkenntnisse

Module VEX1A, VEX1B

Zuordnung (Studiengang/Fachbereich) BSc Biophysik, MSc Biophysik / FB Physik

Verwendbarkeit BSc Biophysik, MSc Biophysik

Häufigkeit des Angebots jährlich

Dauer einsemestrig

Modulbeauftragte / Modulbeauftragter Frangakis

Unterrichts- / Prüfungssprache Englisch oder Deutsch

Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen

Teilnahmenachweise Praktikum: regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme

Leistungsnachweise Vorlesung: gemäß Studienordnung Physik, unbenotet

Prüfungsvorleistungen Erbringen aller Teilnahme- und Leistungsnachweise

Lehr- / Lernformen Vorlesung, Praktikum

Modulprüfung

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Licht- und Elektronenmikroskopie (Light and Electron Microscopy)	V	2	3	Pf			X		X	
Licht- und Elektronenmikroskopie: Bildverarbeitung mit MATLAB (Light and Electron Microscopy: Image Processing with MATLAB)	P	2	3	Pf			X		X	
Summe		4	6							

IMPRO	Bildverarbeitung (Image Processing)	CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4
Inhalte		
<p>Image processing is currently one of the most exciting fields of research and development. Modern imaging techniques used in medicine and biology are not possible without dedicated and highly specialized image processing algorithms and hardware. Meanwhile image processing is also essential in various fields such as social networks, intelligent car design, and the 3D movie industry.</p> <p>The lecture comprehensively addresses all basic image processing algorithms and provides the platform for designing new and improved ones. Both the mathematical background as well as the implementation is discussed. Given the great expertise of the Goethe University in imaging techniques, the algorithms will be associated to modern imaging methods like medical tomography, fluorescence light microscopy and transmission electron microscopy.</p> <p>Parallel to the lecture Image Processing, a lab class trains students in the development of new software algorithms on platforms like MATLAB and/or C/C++. Exercises for the following week are given to the students one week ahead. In the two hours of the lab class, the algorithms and results of the students are being discussed in detail with the tutors. The students are expected to have finished their homework by the following week, in which the procedure is repeated again. In this way we ensure a stepwise increase in the complexity of the algorithms and an optimized learning experience.</p> <p>Throughout the week we offer support both in terms of hardware and consulting, so that all exercises can be completed successfully.</p> <p>Topics include: Fourier Transform, Imaging Methods, Image Reconstruction Methods, Denoising methods, Image manipulation methods, MATLAB programming, C/C++ programming</p> <p>Bildverarbeitung ist gegenwärtig eines der spannendsten Gebiete in Forschung und Entwicklung. Moderne Bildgebungsverfahren in Medizin und Biologie sind ohne dezidierte und hoch spezialisierte Bildverarbeitungsalgorithmen und Hardware unmöglich. Mittlerweile ist Bildverarbeitung auch essentiell in so verschiedenen Gebieten wie sozialen Netzwerken, der Entwicklung intelligenter Automobile und der 3D-Filmindustrie.</p> <p>Die Vorlesung behandelt umfassend alle grundlegenden Bildverarbeitungsalgorithmen und legt die Basis für die Entwicklung neuer und verbesserter Algorithmen. Sowohl der mathematische Hintergrund als auch die Implementation werden diskutiert. Auf der Basis der großen Expertise der Goethe-Universität in bildgebenden Verfahren werden Anwendungen der Algorithmen in modernen Bildgebungstechniken wie der medizinischen Tomographie, der Fluoreszenzmikroskopie und der Transmissionselektronenmikroskopie vorgestellt.</p> <p>Parallel zur Vorlesung trainiert ein Praktikum die Studierenden in der Entwicklung neuer Algorithmen auf der Basis von Plattformen wie beispielsweise MATLAB und/oder C/C++. Aufgaben für die folgende Woche werden den Studierenden in der vorangehenden Woche gestellt. Während der zwei Praktikumsstunden werden die Algorithmen und Ergebnisse der Studenten im Detail mit den Tutoren diskutiert. Von den Studierenden wird erwartet, dass sie die Hausarbeiten in der folgenden Woche abgeschlossen haben, worauf sich dieser Zyklus wiederholt. Dadurch ergibt sich eine schrittweise Erhöhung der Komplexität der Algorithmen und eine optimierte Lernerfahrung. Während der gesamten Woche bieten wir Unterstützung durch Hardware und Beratung, so dass alle Übungen erfolgreich bearbeitet werden können.</p> <p>Themen beinhalten: Fourier-Transformation, Verfahren zur Bildgebung, Bildrekonstruktion, Entrauschen und Bildbearbeitung, MATLAB-Programmierung, C/C++-Programmierung</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>This module provides a comprehensive introduction to image processing. With increasing computing power image processing methods use sophisticated algorithms to accomplish a variety of tasks. As a result of this module, students know a variety of algorithms and ways of processing multidimensional images. In the lab class students become familiar with modern higher-level programming languages (e.g. MATLAB) and modern software development.</p> <p>Das Modul vermittelt umfassende Kenntnisse zur Bildverarbeitung. Mit zunehmender Rechenleistung verwenden Bildverarbeitungsmethoden hochentwickelte Algorithmen zur Lösung verschiedenster Aufgaben. Nach Absolvieren dieses Moduls beherrschen Studierende eine Reihe solcher Algorithmen sowie Verfahren zur Verarbeitung mehrdimensionaler Bilder. Im Praktikum machen sich Studierende mit modernen higher-level Programmiersprachen (z.B. MATLAB) und moderner Softwareentwicklung vertraut.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		

keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Module VEX1A, VEX1B						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik				
Häufigkeit des Angebots		jährlich				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Frangakis				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Englisch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme am Praktikum				
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme am Praktikum; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Praktikum				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Bildverarbeitung (Image Processing)		V	2	3	Pf	X X X X X X
Praktikum Bildverarbeitung (Lab Class Image Processing)		P	2	3	Pf	X X X X X X
Summe			4	6		

VEBP	Einführung in die Biophysik (Introduction to Biophysics)		CP 5
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 90 h	SWS: 4	
Inhalte			
Struktur, Dynamik und Funktion von Proteinen und Nukleinsäuren, z.B. im Hinblick auf Molekulare Motoren, Informationsübertragung, Energiewandlung, Sensorik; Eigenschaften biologischer Membranen; Erregungsleitung; Reaktionsmechanismen; experimentelle Methoden zur Untersuchung von Struktur und Funktion biologischer Makromoleküle; theoretische Methoden zu ihrer Beschreibung.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Studierenden erlangen Kenntnisse von Struktur und Aufbau biologischer Makromoleküle und Membranen (z.B. im Hinblick auf Molekulare Motoren, Informationsübertragung, Energiewandlung, Sensorik), von Grundlagen der Dynamik dieser Systeme, Grundlagen der Funktionen von Proteinen, Grundlagen der Reaktionskinetik, Grundlagen der Bioenergetik, von spektroskopischen Techniken, bildgebenden Techniken und Beugungstechniken zur Untersuchung von Struktur und Dynamik biologischer Makromoleküle. Die Studierenden können biophysikalische Zusammenhänge verstehen, diskutieren und Modelle zur Lösung von biophysikalischen Problemen einsetzen. Das Modul führt die Studierenden in die Biophysik ein und kann auf die Bachelorarbeit oder Masterarbeit vorbereiten.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Chemie Grundkenntnisse			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Bredenbeck		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Biophysik (Introduction to Biophysics)	V+Ü	2.5+1.5	5	Pf		X		X		X
Summe		4	5							

4 Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs: II) Unregelmäßig oder zweijährlich angebotene Module (mit Ausnahme des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*)

4.1 Fachgebietsübergreifende Module

VNUMP	Numerische Methoden der Physik (Numerical Methods in Physics)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 5	
Inhalte			
Darstellung von Zahlen, Rundungsfehler; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Anfangswertprobleme; Einheitenbehaftete/dimensionslose Größen; Nullstellensuche, lösen nicht-linearer Gleichungen; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Randwertprobleme; Lösen linearer Gleichungssysteme; Numerische Integration; Eigenwertprobleme; Verwendung numerischer Bibliotheken; Interpolation, Extrapolation, Approximation; Funktionsminimierung, Optimierung; Monte Carlo-Simulation statistischer Zustandssummen.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul vermittelt auf einer praktischen Ebene die wichtigsten numerischen Verfahren, die in physikalischen Rechnungen eingesetzt werden. Die Studierenden erlangen die Kompetenz, selbst Methoden zu implementieren und aus Programmbibliotheken kritisch die für ein Problem geeigneten Verfahren auszuwählen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Mathematische Kenntnisse etwa aus den Modulen VTH1-VTH4; Programmierkenntnisse in einer numerischen Sprache, etwa Fortran, Java, C, C++			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Wagner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Numerische Methoden der Physik (Numerical Methods in Physics)	V+Ü	3+2	6	Pf						X
Summe		5	6							

VHSTATP	Höhere Statistische Physik: Vielteilchensysteme im Nicht-Gleichgewicht (Advanced Statistical Physics: Many-body systems out of equilibrium)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
Langevin-Gleichungen, Fokker-Planck Gleichungen, Master Gleichungen, Kinetik klassischer Gase, Boltzmann-Gleichung, Navier-Stokes Gleichung, Keldysh-Formalismus, Funktionalintegral-Formulierung der Nicht-Gleichgewichts-Vielteilchentheorie, Quantenkinetische Gleichungen.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
In der Vorlesung wird ein Überblick über die Statistische Physik von physikalischen Systemen im Nicht-Gleichgewicht gegeben. Die Vorlesung baut auf der einführenden Vorlesung in die Thermodynamik und Statistische Physik (VTH5) auf, in der in erster Linie Gleichgewichtsphänomene behandelt werden.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–5</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Kopietz		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Höhere Statistische Physik: Vielteilchensysteme im Nicht-Gleichgewicht (Advanced Statistical Physics: Many-body systems out of equilibrium)	V+Ü	3+1	6	Pf					X	X
Summe		4	6							

VCPSM	Computational Physics and Simulations in Matlab		CP 6
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 90 h	SWS: 6	
Inhalte			
Programmieren und Visualisieren in Matlab, numerische Simulationen physikalischer Fragestellungen: Ableitung und Integration, Optimierung and Minimierung, gewöhnliche Differentialgleichungen, chaotische Dynamik, Fraktale, Zufallsbewegungen, Eigenwertprobleme, Matrixzerlegungen, partielle Differentialgleichungen, Perkolations, Monte-Carlo-Methoden, neuronale Netze.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Im Rahmen des Tutoriums wird die Anwendung der vorgestellten Algorithmen auf konkrete physikalische Problemstellungen vermittelt. Dabei erlernen und verwenden die Studierenden die Programmierumgebung MATLAB, die auch bei geringen Vorkenntnissen effiziente Simulationen und Visualisierung ermöglicht.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Grundlagen der Analysis und der linearen Algebra, sowie der Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1-2</i> , insbesondere Newton- und Hamilton-Mechanik, Phasenraum, Wellengleichung.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Hofstetter		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VCADS	Complex Adaptive Dynamical Systems		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
<p>Foundations Graph Theory, Information Theory, Neural Networks, Bifurcation Theory, Game Theory, Branching Theory, Cognitive System Theory</p> <p>Models Small-World Network, Cellular Automata, Boolean Networks, Sandpile Model, Kuramoto Model, Quasispecies Model, Galton-Watson Process</p> <p>Phenomena Self-Organized Criticality, Deterministic Chaos, Stochastic Resonance and Escape, Synchronization, Dynamical Phase Transitions, Error Catastrophy, Small-World Phenomenon</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>The course aims to convey the basics of modern dynamical systems theory for complex systems. An overview of the most important concepts, phenomena and models is presented. The treatment of the models is performed step by step, all mathematical tools required are introduced and explained. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Einführende Vorlesungen in die Mathematik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Gros		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Complex Adaptive Dynamical Systems	V+Ü	4+2	8	Pf			X	X	X	X
Summe		6	8							

VIQMPT	Introduction to Quantum Many-Particle Theory		CP 4
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 4	
Inhalte			
many-particle states and operators; Hartree-Fock approximation, correlation (Part I); 2nd quantization, Fock space; pictures in quantum theory; linear response; Green's functions, equations of motion for Green's functions; perturbation theory; Dyson equations, irreducible functions; Hartree-Fock approximation, correlation (Part II), conserving approximations.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>In this module students acquire a basic understanding of many-particle wave functions and operators, as well as of standard methods for studying the properties of many-particle systems. In particular, students become familiar with the fundamental differences between single- and many-particle systems (Pauli and Coulomb correlation) and make first contact with alternatives to the Schrödinger equation for dealing with quantum systems. In the tutorial students learn to translate the general many-body formalism to specific systems and gain versatility in explicitly calculating many-body matrix elements and Green's functions.</p> <p>The course is fully self-contained and emphasizes the structural and formal aspects of many-particle theory, rather than particular many-body systems. It is directly based on the mandatory theory courses <i>Theoretische Physik I-IV</i> and does not require additional preparation. Explicit examples are drawn from electronic structure theory, the material is, however, also relevant for nuclear physics. The module prepares students for attending more advanced theory courses which then lead to research projects in this field.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
elementary quantum mechanics (single-particle wavefunctions, operators, Schrödinger equation, boundary conditions, spin, Coulomb interaction); basic elements of functional analysis (Hilbert space, complete and orthonormal basis sets)			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Engel		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Introduction to Quantum Many-Particle Theory	V+Ü	2+2	4	Pf					X	
Summe		4	4							

VMCM	Monte Carlo Methoden in der Statistischen Physik und Feldtheorie (Monte Carlo methods in statistical physics and field theory)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Markov-Ketten (Sampling, Detaillierte Balance, Statistische Datenauswertung), Algorithmen (Metropolis, Cluster, Worm, Heatbath), Statistische Modelle (Harte Kugeln, Spin Systeme, Dimer Systeme, Bose Gas), Kritische Phänomene (Phasenübergänge, Skalenanalyse)			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul soll den Studenten die Grundlagen zur Theorie der Markov-Ketten und deren statistischen Auswertung vermitteln, und anhand einer großen Zahl von Modellen und praktischer Beispiele die Studenten befähigen, selbständig Monte Carlo Algorithmen zu entwickeln. Die Modelle sind derart ausgewählt, dass an ihnen exemplarisch Teilgebiete der statistischen Physik und Quantenfeldtheorie behandelt werden können, und an denen die Funktionsweise bestimmter Monte Carlo Algorithmen gut herausgearbeitet werden können.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 4-5</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Philippen		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Monte Carlo Methoden in der Statistischen Physik und Feldtheorie (Monte Carlo methods in statistical physics and field theory)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

VBRAIN	Brain Dynamics: From Neuron to Cortex		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Brain dynamics is described at the level of single neurons, microcircuits, and global cortical dynamics. Beginning from the discussion of harmonic oscillators, we introduce the basic knowledge needed to describe spiking dynamics of neurons. This is then used to classify neurons according to different spiking behaviors. We then describe universal architectural aspects of microcircuits that connect the single neurons into functional substructures. Finally, we describe generation, stability, and possible functionality of cortical oscillations. The latter are observed in the context of cognitive processing.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Dynamical systems theory is central for understanding brain processes. This course gives an introduction to modeling brain activity with dynamical systems, ranging from the firing and bursting of single neurons up to collective neural dynamics occurring during cognitive processes. This course should enable the student to apply concepts of dynamical systems theory to model the discussed fundamental mechanisms and functionalities of activities in the brain.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Die Teilnehmer sollten ein grundsätzliches Verständnis für Differentialgleichungen haben auf dem Niveau, das etwa in den grundlegenden Vorlesungen der Theoretischen Physik (insb. Mechanik) vermittelt wird.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Triesch		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Brain Dynamics: From Neuron to Cortex	V	2	3	Pf			X	X	X	X
Summe		2	3							

VVISY	Visual System – Neural Structure, Dynamics, and Function		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Electromagnetic spectrum and light as visual stimulus; structure of eye, retina, and optic nerve; the thalamus as relay station to cortex and recurrent modulator; primary and secondary visual cortex; hypercolumns as modules of information processing; microcircuits; what- and where-paths; feedback connections; maps of cortical visual areas in monkey and human; representations of color, form, motion, and location; analysis of semantic categories; attention; psychological theories; capacity of working memory; visual search, illusory conjunctions, and binding problem; distractor interference phenomena; priming; attentional gating of information flow; oscillations and synchrony.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
The visual system, as a sensory system of the brain, is crucial for our perception of the world. The course aims at connecting the physiological level of neurons, cortical microcircuits and anatomy of the brain with the psychological level of visual cognition.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Einführende Vorlesungen in die Mathematik und Physik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Triesch		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Visual System – Neural Structure, Dynamics, and Function	V	2	3	Pf			X	X	X	X
Summe		2	3							

VSRT	Spezielle Relativitätstheorie (Special Relativity)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<ul style="list-style-type: none"> • Vierer-Vektoren, relativistische Kinematik, Anwendungsbeispiele • Lorentz-Transformation, Poincare-Gruppe, Noether-Theorem • Relativistische Formulierung der Elektrodynamik und Hydrodynamik • Einführung in relativistische Wellengleichungen 			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul soll einen souveränen Umgang mit Vierer-Vektoren und relativistischen Phänomenen vermitteln. Die kovariante Formulierung der Mechanik, Elektrodynamik und Quantenmechanik werden in detaillierterer Form erlernt als das in der Grundvorlesung vorgesehen ist. Die mathematischen Grundkenntnisse werden auf Beispiele angewendet. Die im Modul vermittelten Kenntnisse sollen den Teilnehmern den Zugang zu aktuellen Fragestellungen der Elementarteilchen- und Kernphysik ermöglichen und dienen als Grundlage für die Beschäftigung mit der höheren Quantenmechanik, Quantenfeldtheorie und der allgemeinen Relativitätstheorie.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2</i> , <i>Theoretische Physik 1-2</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Petersen		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Spezielle Relativitätstheorie (Special Relativity)	V	2	3	Pf				X		X
Summe		2	3							

VEHLF1	Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie 1 (Extended Hamilton-Lagrange Formalism in Point Mechanics and Field Theory 1)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
<p>Rückblick gewöhnlicher Hamilton-Lagrange-Formalismus, Erweiterung, so dass die Zeit von einem Parameter zu einer dynamischen Variablen wird, erweiterte, kanonische Transformation, Beispiele: Lorentz-Transformation, verallgemeinertes Noether Theorem, Anwendung: relativistisches Pfadintegral, Hamilton-Lagrange Formalismus in der Feldtheorie: kanonische Transformationen, Poisson-Klammern, Liouville-Theorem, Anwendung: Noether Theorem in der Feldtheorie, Eichtheorien, Feynman Formalismus, Ausblick: Erweiterte kanonische Transformationen in der Feldtheorie (dynamische Raumzeit)</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<ul style="list-style-type: none"> • Kennenlernen der explizit kovarianten Erweiterung des Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie; Behandlung der Zeit als dynamische Variable anstelle der Newtonschen absoluten Zeit; Punktmechanik: Aufbau einer kanonischen Transformationstheorie, welche die Zeit relativistisch korrekt mittransformiert, Feldtheorie: Aufbau einer kovarianten, kanonischen Transformationstheorie in welcher Raum- und Zeitkoordinaten gleichberechtigte dynamische Variable sind; Formulierung von Eichtheorien als kanonische Transformationen; Übergang zur Quantenfeldtheorie • im Gegensatz zur gängigen Herangehensweise an dieses Thema werden keine differentialgeometrischen Methoden verwendet, durchgängige Verwendung mathematischer Methoden der Tensoranalysis, enger Bezug zum „Prinzip der kleinsten Wirkung“ und dem „Prinzip der Eichinvarianz“ • zusätzliche Fähigkeiten und Kompetenzen: Entwicklung physikalisch-analytischer Fähigkeiten, Methoden der mathematische Physik, Verständnis für den Aufbau physikalischer Theorien auf der Grundlage abstrakter Prinzipien (Wirkungsprinzip, Eichprinzip). 			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Grundlagen des klassischen Lagrange- und Hamiltonformalismus, Vektoranalysis, Lineare Algebra, Basiswissen Tensoranalysis			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		

Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie 1 (Extended Hamilton-Lagrange Formalism in Point Mechanics and Field Theory 1)	V+Ü	2+1	4	Pf			X		X	
Summe		3	4							

VEHLF2	Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie 2 (Extended Hamilton-Lagrange Formalism in Point Mechanics and Field Theory 2)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Rückblick Erweiterter Hamilton-Lagrange-Formalismus der Punktmechanik, erweiterte, kanonische Transformation, Beispiele: Lorentz-Transformation. verallgemeinertes Noether Theorem. Anwendung: relativistisches Pfadintegral, Hamilton-Lagrange Formalismus in der Feldtheorie: kanonische Transformationen, Poisson-Klammern, Liouville-Theorem, Anwendung: Noether Theorem in der Feldtheorie, Eichtheorien Erweiterte kanonische Transformationen in der Feldtheorie (dynamische Raumzeit)			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<ul style="list-style-type: none"> • Kennenlernen der explizit kovarianten Erweiterung des Hamilton-Lagrange Formalismus in der klassischen Feldtheorie; Formulierung von Eichtheorien als kanonische Transformationen; Übergang zur Quantenfeldtheorie • Im Gegensatz zur gängigen Herangehensweise an dieses Thema werden keine differentialgeometrischen Methoden verwendet, durchgängige Verwendung mathematischer Methoden der Tensoranalysis, enger Bezug zum „Prinzip der kleinsten Wirkung“ und dem „Prinzip der Eichinvarianz“ • Die kovariante Eichtheorie werden dahingehend erweitert, dass auch die Raumzeit als dynamische Variable behandelt wird. Die Inhalte dieses Moduls stellen einen neuen Ansatz in dieser Thematik dar, der an vielen Stellen die Möglichkeit weiterer Ausarbeitungen in Form von BA, MA und Diss-Arbeiten bietet. • Zusätzliche Fähigkeiten und Kompetenzen: Entwicklung physikalisch-analytischer Fähigkeiten, Methoden der mathematische Physik, Verständnis für den Aufbau physikalischer Theorien auf der Grundlage abstrakter Prinzipien (Wirkungsprinzip, Eichprinzip). 			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Grundlagen des klassischen Lagrange- und Hamiltonformalismus, Vektoranalysis, Lineare Algebra, Basiswissen Tensoranalysis			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		

Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie 2 (Extended Hamilton-Lagrange Formalism in Point Mechanics and Field Theory 2)	V+Ü	2+1	4	Pf				X		X
Summe		3	4							

VSELFORG	Self-Organization: Theory and Simulations		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
<p>The course will be a combination of lectures on complex system theory with a focus on self-organization, together with a computer lab. The lectures will treat topics like pattern formation in reaction-diffusion systems, opinion dynamics, swarm intelligence, Darwinian evolution and cognitive system theory. An introduction to dynamical system theory will be given, including bifurcation theory, chaos and dissipative systems. In the computer lab an introduction to programming in general will be given and students are expected to write their own codes and to perform then a series of simulations for self-organizing systems.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>To comprehend the basics of the complex system theory and the principles leading to self-organizing processes in physics and nature. Both an analytic and mathematical understanding and the capability to perform numerical simulations and experiments testing the respective phenomena.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
The physics basic math knowledge			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc/MSc Physik, BSc/MSc Biophysik, BSc/MSc Meteorologie		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Gros		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Self-Organization: Theory and Simulations	V+Ü	4+2	8	Pf			X	X	X	X
Summe		6	8							

VCPPML	Advanced Introduction to C++, Scientific Computing and Machine Learning		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
Einführung in Linux und C++; Datentypen, Kontrollfluss, Exceptions, Pointers, Funktionen, Templates, Klassen, Konstruktoren, Destruktoren, Vererbung, String- und Filestreams, IO Manipulation, Containers, Assoziative Datenstrukturen. Zusätzlich werden die grundlegenden numerischen Methoden und Konzepte behandelt wie Summation, Rekursion, Stabilität, Auswertung von Integralen, Lösung von Differentialgleichungen, das Runge-Kutta Verfahren, Elimination, Gauss Verfahren, Monte Carlo- und Metropolis Verfahren. Weiterhin wird eine Einführung in die grundlegenden Konzepte des Maschinellen Lernens gegeben, wie überwachtes, nicht-überwachtes und verstärktes Lernen, Klassifikation, Regression, Klustering, Dimensionalitätsreduktion und Neuronale Netze.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Für den Physiker ist es wichtig, sich in jeder Programmier-Umwelt zurechtzufinden, sei es wissenschaftliches Rechnen, Web-Programmierung oder Maschinelles Lernen. Ziel der Vorlesung ist es, das hierfür notwendige Basiswissen zu vermitteln. Dafür soll das eigenständige Programmieren in C++ anhand von Übungen und von größeren numerischen Projekten erlernt werden. Mit den Grundlagen numerischer Methoden und vom Maschinellen Lernen soll die Fähigkeit erworben werden, moderne Programmpakete nicht nur zu benutzen, sondern auch zu verstehen nach welchen Prinzipien diese arbeiten.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
keine			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik (kann anstelle des Pflichtmoduls PPROG absolviert werden), MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Gros		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; erfolgreicher Abschluss von Programmierprojekten		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Advanced Introduction to C++, Scientific Computing and Machine Learning	V+Ü	4+2	8	Pf	X		X		X	
Summe		6	8							

VKMTP	Konzepte der modernen theoretischen Physik (Concepts of modern theoretical physics)				CP 3						
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2								
Inhalte											
Darstellung übergreifender Zusammenhänge in der Physik an Beispielen aus der Mechanik, Elektrodynamik, und Quantenmechanik. Grundlegende Einführung und Vertiefung der Begriffe der speziellen Relativitätstheorie und in Symmetrien und Gruppen am Beispiel der Rotationsgruppe und der Lie-Gruppen. Formulierung der Theorien im (relativistischen) Lagrangeformalismus.											
Lernergebnisse/Kompetenzziele											
Die Studierenden lernen die gemeinsamen Grundlagen verschiedener Theorien kennen. Sie erwerben einen übergeordneten Überblick über die Teilbereiche der klassischen Physik. Sie vertiefen ihre Kompetenz im Bereich der speziellen Relativitätstheorie und im Bereich der Symmetrien.											
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls											
keine											
Empfohlene Vorkenntnisse											
Grundlagen der Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik. Grundkenntnisse der speziellen Relativitätstheorie.											
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots		unregelmäßig									
Dauer		einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Bleicher									
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch oder Englisch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen											
Teilnahmenachweise		keine									
Leistungsnachweise		Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen		Vorlesung									
Modulprüfung											
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)											
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
						1	2	3	4	5	6
Konzepte der modernen theoretischen Physik (Concepts of modern theoretical physics)		V	2	3	Pf				X	X	X
Summe			2	3							

VQI	Quantenwahrscheinlichkeit und Informationsverarbeitung (Quantum probability and information processing)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
<p><i>Wahrscheinlichkeit und Information in der Quantentheorie:</i> Logik, klassische Wahrscheinlichkeitstheorie, Wahrscheinlichkeiten in der Quantentheorie, Kochen-Specker-Theorem, Geometrie des Zustandsraums, empirische Rekonstruktion von Quantenzuständen, Entropie und Information, Holevo-Schranke, Gibbs-Modelle, Optimierung der Beschreibungsebene, Symmetrien, Informationsübertragung mit und ohne gemeinsame Bezugssysteme</p> <p><i>Quantencomputer:</i> Qubits, Quantengatter, Schaltkreise, no-cloning-Theorem, Bell-Zustände, Verschränkung, Quanten-Teleportation, dense coding, Deutsch-Algorithmus, Fehlerkorrektur, Shor-Code, Quantenkryptografie, BB84-Protokoll, Quanten-Fouriertransformation, Faktorisierung (Shor-Algorithmus), Grover-Iteration, Datenbanksuche, experimentelle Realisierung, DiVincenzo-Kriterien, nichtlineare Optik, optische Kavitäten, Ionenfallen, Kernspinresonanz, Einweg-Quantencomputer</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Das Modul führt in die Grundlagen der klassischen und quantenmechanischen Wahrscheinlichkeits- und Informationstheorie ein sowie in die modernen Forschungsgebiete der Quanteninformationsverarbeitung, der statistischen Rekonstruktion von Zuständen und Prozessen sowie der Thermodynamik kleiner Systeme. Nach Absolvieren des Moduls kennen Studierende die Bedeutung von Wahrscheinlichkeit und Information für das moderne Verständnis der Quantentheorie sowie deren Ähnlichkeiten und Unterschiede zur klassischen Wahrscheinlichkeits- und Informationstheorie. Studierende sind in der Lage, einfache Quanten-Schaltkreise zu skizzieren und deren Funktionsweise zu erläutern. Insbesondere beherrschen Studierende die grundlegenden Protokolle zur Fehlerkorrektur, zur sicheren Verteilung kryptografischer Schlüssel, zur effizienten Faktorisierung sowie zur effizienten Datenbanksuche. Darüber hinaus sind Studierende mit den Möglichkeiten der Realisierung in realen physikalischen Systemen vertraut. Die Lehrveranstaltungen sind interaktiv und ermuntern die Teilnehmer zu aktiver Diskussion. Sie stärken somit über die reine Wissensvermittlung hinaus die Fähigkeit der Studierenden zur Argumentation und zur kritischen Auseinandersetzung mit physikalischen Fragestellungen.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Module Theoretische Physik 4–5 (Quantenmechanik, Statistische Mechanik), im Besonderen: Wellenfunktion, Hilbertraum, Schrödingergleichung, quantenmechanische Messung, Pauli-Matrizen, Dichtematrix, Entropie, statistische Ensembles			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	zweisemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Hofstetter		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		

Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesungen									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Wahrscheinlichkeit und Information in der Quantentheorie (Quantum probability and information)	V	2	3	Pf					X	
Quantencomputer (Quantum computing)	V	2	3	Pf						X
Summe		4	6							

VENER- GNET	Complex Renewable Energy Networks		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Physics of renewable energy generation (including weather-dependent modeling); stochastic modeling; physics of general complex networks; system design; power transmission; storage; physics of coupled networks; the role of energy in society.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
1) Objective of the course: The theory of complex networks is crucial for the understanding of many physical systems. With regard to energy supply, renewable energies are going to play the key role in the transition from today's fossil based energy system to tomorrow's sustainable energy system. This course will give a quick overview of the basics of complex and coupled networks, the most important renewable energy sources, and will discuss at length their interplay in a future networked energy system. The emphasis will be on the generic physical principles and the mathematical methods more than on the details of the technological implementations.			
2) Learning outcomes (solo taxonomy): After the completion of the course the student will have obtained basic knowledge of the physics of complex and coupled networks and is expected to be able to:			
<ul style="list-style-type: none"> • describe and explain the important characteristics of the energy resources covered by this course • critically evaluate models for proposed energy systems based on renewable energies • do model calculations for power systems based on renewable energies 			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Basic mathematics; courses on Fluid Dynamics and Networks are not required, but useful.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schramm		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbemotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Complex Renewable Energy Networks	V+Ü	2+1	4	Pf			X	X	X	X
Summe		3	4							

VTHERA	Thermodynamik im Alltag (Thermodynamics in everyday life)				CP 3						
Kontaktstudium: 30 h		Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte											
Die Vorlesung beleuchtet eine Reihe von alltäglichen Phänomenen und Konstrukten unter thermodynamischen Gesichtspunkten, z.B.: Wärmebilanz von Lebewesen, Temperatur der Atmosphäre, Kältemaschinen, Verbrennungsmotoren, Wärmetauscher, Kochen, Sterne, Planeten											
Lernergebnisse/Kompetenzziele											
Tieferes Verständnis der in der Experimentalphysik 1 gelegten Grundlagen der Thermodynamik und wichtiger Anwendungen. Die Studierenden sollten nach der Vorlesung in der Lage sein, viele der uns umgebenden Phänomene mit den Methoden der Thermodynamik zu beschreiben.											
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls											
keine											
Empfohlene Vorkenntnisse											
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1a: Mechanik, Experimentalphysik 1b: Thermodynamik</i>											
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots		unregelmäßig									
Dauer		einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Reifarth									
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch oder Englisch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen											
Teilnahmenachweise		keine									
Leistungsnachweise		Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen		Vorlesung									
Modulprüfung											
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)											
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
						1	2	3	4	5	6
Thermodynamik im Alltag (Thermodynamics in everyday life)		V	2	3	Pf		X		X		X
Summe			2	3							

VKOED	Kovariante Elektrodynamik und spezielle Relativitätstheorie (Covariant Electrodynamics and Special Theory of Relativity)		CP 4
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 4	
Inhalte			
Abriss der speziellen Relativitätstheorie und der relativistischen Mechanik; relativistische Elektrodynamik: Einführung des Feldstärketensors, kovariante Maxwell-Gleichungen, Lagrange-Formalismus für Teilchen und Felder, Energie-Impuls-Tensor; kovariante Formulierung des elektromagnetischen Strahlungsfeldes; Weizsäcker-Williams-Methode und Photonenspektrum			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die kovariante Formulierung der Elektrodynamik als (klassische) relativistische Feldtheorie kommt typischerweise in der Vorlesung der Elektrodynamik zu kurz. Die Vorlesung gilt auch als Vorbereitung zum Verständnis der Allgemeinen Relativitätstheorie oder zum Verständnis der Quantenfeldtheorie (im Besonderen der Quantenelektrodynamik).			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltung <i>Theoretische Physik 3: Elektrodynamik</i> , Grundkenntnisse der speziellen Relativitätstheorie			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Greiner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Kovariante Elektrodynamik und spezielle Relativitätstheorie (Covariant Electrodynamics and Special Theory of Relativity)	V+Ü	2+2	4	Pf				X		X
Summe		4	4							

VMSDA	Modern Statistical Data Analysis for Practitioners		CP 5
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 90 h	SWS: 4	
Inhalte			
<p>We introduce the basics of probability theory, classical statistics, and classical error analysis (p-values, confidence intervals), which serves as the starting point to explore modern methods of statistics (Maximum Likelihood, Bayes). We use these methods to extract information from noisy data through (non-)linear parameter estimation (fitting) and model comparison. We show how to analyze data containing dynamical information by time series analysis (correlation functions, error analysis) and Markov-Chain models and kinetic models described by rate equations.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>The overarching goal is to equip the students with the necessary statistical tools to extract information from noisy data reliably and with quantified uncertainties. The students should be able to identify the common pitfalls of statistical data analysis in their own work and be able to critically assess the quality of published data and statistical analyses. These goals will be practiced in the practical course on real world examples.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Basic knowledge of physics and mathematics. Any experience in programming and Linux OS.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	MSc Biophysik / FB Physik		
Verwendbarkeit	MSc Biophysik, BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Hummer		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Modern Statistical Data Analysis for Practitioners	V+Ü	2.5+1.5	5	Pf					X	
Summe		4	5							

4.2 Astrophysik und Kosmologie

VEXTRA	Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme (Structure and Dynamics of Extragalactic Systems)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Innere Struktur und Physik extragalaktischer Systeme (Galaxien, Galaxienhaufen, Intergalaktische Materie) sowie ihre räumliche Verteilung und Dynamik. Großräumige Struktur und Entwicklung des Kosmos. Relevante Beobachtungen und Modelle.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Dieses Modul führt in die Beobachtungen und die theoretische Beschreibung der Materie im Universum jenseits unserer eigenen Galaxis ein, d.h. extragalaktische Galaxien, Galaxienhaufen und intergalaktische Materie. Zusammen mit den Modulen VGALAX und VSTERN erhalten die Studierenden einen Überblick über die Astronomie auf mehreren Größenskalen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Module Astronomie I und II			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	alle 3 Semester		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schaffner-Bielich		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.), Hausarbeit oder Vortrag

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme (Structure and Dynamics of Extragalactic Systems)	V	2	3	Pf				X	X	X
Summe		2	3							

VGALAX	Struktur und Dynamik der Galaxis (Structure and Dynamics of the Galaxy)				CP 3	
Kontaktstudium: 30 h		Selbststudium: 60 h		SWS: 2		
Inhalte						
Komponenten der Galaxis: Sterne, Sternhaufen, interstellare Materie, Magnetfelder, kosmische Strahlung, räumliche Verteilung, Kinematik und Dynamik, Interpretation von Beobachtungsdaten						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
In diesem Modul soll der gegenwärtige Wissensstand über die Galaxis, in der unsere eigene Sonne liegt, vermittelt werden. Dazu gehören sowohl ein Überblick über die Beobachtungen als auch die Diskussion der wichtigsten theoretischen Modelle, die die Entwicklung und heutige Struktur der Galaxis beschreiben. Zusammen mit den Modulen VEXTRA und VSTERN erhalten die Studierenden einen Überblick über die Astronomie auf mehreren Größenskalen.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Inhalt der Module Astronomie I und II						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		alle 3 Semester				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Schaffner-Bielich				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		keine				
Leistungsnachweise		Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.), Hausarbeit oder Vortrag						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Struktur und Dynamik der Galaxis (Structure and Dynamics of the Galaxy)		V	2	3	Pf	
Summe			2	3		

VSTERN	Innere Struktur und Dynamik der Sterne (Internal Structure and Dynamics of Stars)				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
Grundprinzipien des Sternaufbaus, Zustandsgleichung, Energietransport, Energiequellen, Sterne auf der Hauptreihe, die Sonne, Nach-Hauptreihen-Entwicklung, Endstadien der Sternentwicklung, Pulsationen und Astroseismologie, Novae und Supernovae										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
In diesem Modul wird der gegenwärtige Stand der Kenntnis zum Aufbau und Entwicklung der Sterne behandelt. Dies erfordert die Diskussion der Beobachtungstatsachen, sowie die theoretischen Grundlagen für Modelle zur Entwicklung der Sterne, die grundlegende Kenntnisse aus mehreren Gebieten der Physik erfordern, so etwa Plasmaphysik, Hydrodynamik und Kernphysik. Zusammen mit den Modulen VEXTRA und VGALAX erhalten die Studierenden einen Überblick über die Astronomie auf mehreren Größenskalen.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Module Astronomie I und II										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	alle 3 Semester									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schaffner-Bielich									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.), Hausarbeit oder Vortrag										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Innere Struktur und Dynamik der Sterne (Internal Structure and Dynamics of Stars)	V	2	3	Pf				X	X	X
Summe		2	3							

VTHASTRO	Theoretische Astrophysik (Theoretical Astrophysics)				CP 4									
Kontaktstudium: 45 h		Selbststudium: 75 h		SWS: 3										
Inhalte														
Theoretische Grundlagen der Physik, Strahlung, Hydrodynamik, Plasmaphysik, Magnetohydrodynamik, Stellare Dynamik														
Lernergebnisse/Kompetenzziele														
Dieses Modul führt in die theoretischen physikalischen Grundlagen zur Beschreibung von astrophysikalischen Prozessen und astronomischen Objekten ein und vermittelt den Zusammenhang zwischen abstrakter physikalischer Modellierung und modernen astrophysikalischen Anwendungen und Beobachtungen.														
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls														
keine														
Empfohlene Vorkenntnisse														
Grundkenntnisse in Astronomie und Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–5</i>														
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)			BSc Physik / FB Physik											
Verwendbarkeit			BSc Physik, MSc Physik											
Häufigkeit des Angebots			unregelmäßig											
Dauer			einsemestrig											
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter			Schaffner-Bielich											
Unterrichts- / Prüfungssprache			Deutsch											
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen														
Teilnahmenachweise			regelmäßige Teilnahme an den Übungen											
Leistungsnachweise			erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbefriedet											
Prüfungsvorleistungen			Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht											
Lehr- / Lernformen			Vorlesung, Übung											
Modulprüfung														
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)														
Lehrveranstaltungen des Moduls				LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester						
								1	2	3	4	5	6	
Theoretische Astrophysik (Theoretical Astrophysics)				V+Ü	2+1	4	Pf							X
Summe					3	4								

VHYMAG	Hydrodynamics and Magnetohydrodynamics		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
<p>On the fluid approximation, Newtonian kinetic theory, The Boltzmann equation, The H-theorem, The moment equations, The Maxwell-Boltzmann equilibrium distribution, The zero-order approximation: perfect fluids, The first-order approximation: non-perfect fluids, Relativistic kinetic theory, The relativistic Boltzmann equation, Relativistic transport fluxes, The relativistic moment equations, The general-relativistic hydrodynamic equations, Relativistic equilibrium distributions, The laws of thermodynamics, Equations of state, Kinematic properties of fluids, Kinematic shear, expansion and vorticity, Evolution laws of the kinematic quantities, Mass current and energy-momentum of perfect fluids, Hydrodynamics equations of perfect fluids, Stationary flows, Bernoulli's theorem, Irrotational flows, Vorticity, Irrotational flows, Kelvin-Helmholtz theorem, Isentropic flows, Hyperbolic systems of partial differential equations, Quasi-linear formulation, Conservative formulation, Linear and nonlinear behaviour, Characteristic equations for linear systems, Riemann invariants, Characteristic curves and caustics, Domain of determinacy and region of influence, Linear hydrodynamic waves, Sound waves, Nonlinear hydrodynamic waves, Simple waves and discontinuous waves, Rarefaction waves, Shock waves, Contact discontinuities, The Riemann problem, Introduction to plasmas, The magnetohydrodynamic equations, Flux-freezing condition, Magnetohydrostatic solutions, Hydromagnetic waves, Magnetic reconnection.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Hydrodynamics is an incredibly successful framework to describe the dynamics of matter from scales as small as those of colliding elementary particles, up to the largest scales in the universe. This course will provide an introduction to the mathematical and physical properties of hydrodynamics and its extension to magnetized fluids, i.e. magnetohydrodynamics or MHD. Starting from an initial kinetic-theory description, the equations of hydrodynamics will be derived and their most important properties will be discussed. The course will also discuss the nonlinear nature of the hydrodynamics equations and the occurrence of nonlinear waves such as shocks and rarefaction waves. The final part of the course will deal with neutrally charged and magnetized plasmas and discuss the basic features of ideal magnetohydrodynamics and the associated nonlinear waves.</p> <p>The content of the lectures can be found in a recent book (Rezzolla, Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press).</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Classical Mechanics			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Rezzolla		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		

Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet										
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht										
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung										
Modulprüfung											
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)											
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester						
					1	2	3	4	5	6	
Hydrodynamics and Magnetohydrodynamics	V+Ü	2+1	4	Pf							X
Summe		3	4								

VCQPBH1	Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher I (Classical and quantum physics of black holes I)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Kurze Geschichte der Physik von schwarzen Löchern, Einführung in die Allgemeine Relativitätstheorie, kugelsymmetrische schwarzen Löcher, rotierende schwarze Löcher, physikalische Effekte im Gravitationsfeld der schwarzen Löcher, Elektrodynamik von schwarzen Löchern, Astrophysik von schwarzen Löchern, Quantenteilchen Erstellung von schwarzen Löchern, Thermodynamik der schwarzen Löcher, schwarze Löcher, Wurmlöcher und Zeitmaschinen.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Der Kurs zielt darauf ab, die Physik von schwarzen Löchern in der Bezeichnung der allgemeinen Relativitätstheorie und der semiklassischen Gravitation zu präsentieren. Der Kurs soll den Teilnehmern die aktuellen offenen Fragen in der Astrophysik, Quantengravitation und Hochenergiephysik näher bringen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 3</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Rezzolla		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch oder Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VCQPBH2	Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher II (Classical and quantum physics of black holes II)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Physikalische Effekte im Gravitationsfeld der schwarzen Löcher, Elektrodynamik von schwarzen Löchern, Astrophysik von schwarzen Löchern, Unruh-deWitt-Effekt, Quantenteilchen Erstellung von schwarzen Löchern, Thermodynamik der schwarzen Löcher.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Der Kurs zielt darauf ab, die Physik von schwarzen Löchern in der Bezeichnung der allgemeinen Relativitätstheorie und der semiklassischen Gravitation zu präsentieren. Der Kurs soll den Teilnehmern die aktuellen offenen Fragen in der Astrophysik, Quantengravitation und Hochenergiephysik näher bringen. Der zweite Teil baut auf dem ersten auf.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der <i>Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher I</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Rezzolla		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch oder Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbefriedet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VASTBIO	Astrobiologie (Astrobiology)				CP 6	
Kontaktstudium: 60 h		Selbststudium: 120 h		SWS: 4		
Inhalte						
Entstehung der Elemente, Chemie im Weltraum, Habitable Erde, Eigenschaften von Leben, Terrestrische Biochemie, Ursprung des Lebens, Leben im All, Exoplaneten						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
Dieses Modul führt in die Beschreibung der Entstehung des Lebens im Universum ein und behandelt die Fragestellung nach möglichen extraterrestrischen Lebensformen. Es vermittelt dabei interdisziplinäre Denkweisen in der fachübergreifenden Verknüpfung von Physik, Chemie, Biologie und Geowissenschaften in der Astronomie.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
keine						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		unregelmäßig				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Schaffner-Bielich				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an den Übungen				
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Übung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Astrobiologie (Astrobiology)		V+Ü	3+1	6	Pf	X X X X X X
Summe			4	6		

VDIST	Verteilungsfunktionen in der Astrophysik (AGN distribution functions)		CP 2
Kontaktstudium: 15 h	Selbststudium: 45 h	SWS: 1	
Inhalte			
Definition thermodynamisches Gleichgewicht, Erläuterung der Verteilungsfunktion $dNp = (dgp)/(exp(-n + E/kT) \pm 1)$ und verständliche mathematische Ableitung der Maxwell-, Boltzmann, Saha-Verteilung und der Planckfunktion, anschauliche Beispiele für die Besetzungszahlen verschiedener Energiezustände für die Boltzmann- und Saha-Verteilung, Ableitung des Stefan-Boltzmann Gesetzes aus dem Planck'schen Strahlungsgesetz, Rayleigh-Jeans und Wien-Näherungen des Planck'schen Strahlungsgesetzes, Beispiele für Entartung in der Astrophysik, Unterschiede zwischen dem thermodynamischen Gleichgewicht und dem lokalen thermodynamischen Gleichgewicht, Erläuterung der Lösung der Strahlungstransportgleichung in der Astrophysik und verständliche mathematische Ableitung von vier grundlegenden elektromagnetischen spektralen Energieverteilungen in Abhängigkeit von Strahlungsintensität und der optischen Tiefe der Materie im Universum.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
In diesem Modul lernen die Studierenden die wesentlichen Verteilungsfunktionen für Teilchen und Photonen im astrophysikalischen Kontext kennen. Die Gültigkeit und die mathematische Ableitung der einzelnen Verteilungsfunktion wird ausführlich diskutiert. Zusätzlich wird die Rolle der Abweichungen vom thermischen Gleichgewicht im Zusammenhang mit Lösungen der Transportgleichung diskutiert. Damit soll ein grundlegendes Verständnis der elektromagnetischen Strahlung im Universum und ihrer Wechselwirkung mit Materie vermittelt werden.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Grundkenntnisse der Physik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schaffner-Bielich		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Verteilungsfunktionen in der Astrophysik (AGN distribution functions) (Blockveranstaltung, 5 Tage V3)	V	1	2	Pf					X	X
Summe		1	2							

VA-STROKZK	Astrophysikalische Koordinatensysteme, Zeitrechnung, Kalenderrechnung (Astrophysical coordinate systems, calculation of times, calendrical calculations)		CP 2
Kontaktstudium: 15 h	Selbststudium: 45 h	SWS: 1	
Inhalte			
Astrophysikalische Koordinatensysteme und ihre Anwendung in der Astrophysik, Kalender und Zeitrechnung, Definition des Tages und des Jahres			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Beschreibung der in der Astrophysik verwendeten Koordinatensysteme: Horizontalsystem, äquatoriales Koordinatensystem, ekliptisches und galaktisches Koordinatensystem, Bedeutung in der Astrophysik. Definition des Jahres, des Frühlingspunktes, praktische Anwendung zur Definition des Jahres. Berechnung der Kalender von der Zeit 2000 v. Cr. bis heute. Erläuterungen des grundlegenden Wissens des Gebietes und Herausarbeitung der Bedeutung für die Astrophysik.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
Vorlesung Einführung in die Astrophysik			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltung <i>Einführung in die Astrophysik</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schaffner-Bielich		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Astrophysikalische Koordinatensysteme, Zeitrechnung, Kalenderrechnung (Astrophysical coordinate systems, calculation of times, calendrical calculations) (Blockveranstaltung, 3 Tage V3 + 2 Tage Ü2)	V	1	2	Pf			X		X	
Summe		1	2							

VPLANSYS	Dynamik des Planetensystems (Dynamics of planetary system)				CP 2								
Kontaktstudium: 15 h		Selbststudium: 45 h		SWS: 1									
Inhalte													
Stern- und Planetenentstehung, die Frühphase des Planetensystems, Komponenten und Vermessung des Planetensystems, Dynamik des Planetensystems, Ableitung der drei Kepler'schen Gesetze und astrophysikalisch relevante Anwendungen.													
Lernergebnisse/Kompetenzziele													
Das Modul liefert einen umfassenden Überblick über die Entstehung, die Dynamik und die Physik unseres Planetensystems. Die Entstehung von Sonnen und Planeten durch Verletzung des Virialsatzes wird anschaulich abgeleitet. Außerdem wird die historische Entwicklung unserer Vorstellungen vom Planetensystem vorgestellt und einige weitere astrophysikalische Aspekte seiner Dynamik diskutiert.													
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls													
keine													
Empfohlene Vorkenntnisse													
Grundkenntnisse der Physik													
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik											
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik											
Häufigkeit des Angebots		unregelmäßig											
Dauer		einsemestrig											
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Schaffner-Bielich											
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch											
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen													
Teilnahmenachweise		keine											
Leistungsnachweise		Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet											
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht											
Lehr- / Lernformen		Vorlesung											
Modulprüfung													
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.)													
Lehrveranstaltungen des Moduls				LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
								1	2	3	4	5	6
Dynamik des Planetensystems (Dynamics of planetary system) (Blockveranstaltung, 5 Tage V3)				V	1	2	Pf					X	X
Summe					1	2							

VSTRAMA	Astrophysikalische Beschreibung von Strahlung und Materie (Radiation and matter in astrophysics)				CP 2	
Kontaktstudium: 15 h	Selbststudium: 45 h		SWS: 1			
Inhalte						
Beschreibung elektromagnetischer Strahlung, atomare Strahlungsprozesse, Streuprozesse in der Astrophysik, Absorption von Strahlung und Materie, Strahlungstransportgleichung und deren Lösung, Thermodynamisches Gleichgewicht und Strahlung, astronomische Helligkeits- und Farbsysteme.						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
Dieses Modul behandelt die Physik der Entstehung von Strahlung und ihrer Wechselwirkung mit Materie im Universum. Dabei werden die wichtigsten Emissions- und Absorptionsprozesse, der Transport von Strahlung und die thermodynamischen Grundlagen eingeführt.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Grundkenntnisse der Physik						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		unregelmäßig				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Schaffner-Bielich				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		keine				
Leistungsnachweise		Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Astrophysikalische Beschreibung von Strahlung und Materie (Radiation and matter in astrophysics) (Blockveranstaltung, 5 Tage V3)		V	1	2	Pf	
Summe			1	2		

VFKOS	Fortgeschrittene Kosmologie (Advanced Cosmology)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Korrelationsfunktionen und Leistungsspektrum in der Kosmologie, kosmologische Störungstheorie, kosmische Hintergrundstrahlung, Beobachtete Evidenzen für Dunkle Energie, Modelle für Dunkle Energie, Quintessenz und kosmische Skalarfelder, kosmologische Strukturbildung			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
In diesem Modul werden vertiefte Kenntnisse der Kosmologie vermittelt. Im Vordergrund stehen dabei die Erweiterung der kosmologischen Betrachtung auf Strukturen im Universum, die über die uniforme Betrachtung im Rahmen des Kosmologie Modules auf Basis des kosmologischen Prinzips hinaus gehen. Dabei werden kosmologische Methoden zur Bestimmung von Korrelationen und des Leistungsspektrums der Kosmologie erarbeitet und Ansätzen zur großräumigen Strukturbildung im Universum gegenüber gestellt. Die Modellierung der Dunklen Energie mit feldtheoretischen Ansätzen werden mit kosmologischen Beobachtungen konfrontiert. Die Studenten erwerben Zusammenhänge zwischen der mikroskopischen Beschreibung der Materie und Dunklen Energie mit den makroskopischen kosmologischen Strukturen im Universum.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2</i> , <i>Theoretische Physik 1-5</i> , Kosmologie			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schaffner-Bielich		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Fortgeschrittene Kosmologie (Advanced Cosmology)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	
Summe		3	4							

VDAPA	Datenanalyse in Physik und Astronomie (Data Analysis in Physics and Astronomy)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
<p>In der Vorlesung werden die Grundlagen der Datenanalyse sowie die Anwendung statistischer Methoden auf Daten aus der Astronomie und anderen Gebieten vorgestellt.</p> <p>Der Kurs behandelt folgende Themen: Deskriptive Statistik, Fehler und Unsicherheiten, Fehlerfortpflanzung, Wahrscheinlichkeit, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, mathematische Statistik (induktive Statistik bzw. Inferenzstatistik), Datenglättung, Interpolationsverfahren, Regressionsanalyse, Multivariate Verfahren, Methode der kleinsten Quadrate, Korrelationsanalyse, Hypothesentests und Anpassungstests. Praktische Aspekte, wie Datenvisualisierung, Datenformate sowie die Arbeit mit realen Daten spielen eine wichtige Rolle. Bei ausreichend Zeit werden zusätzliche Themen wie Bildbearbeitung, astronomische Datenreduktion und andere vorgestellt.</p> <p>Vorlesungsinhalte werden oft anhand realer, astronomischer Daten vorgestellt. Die Inhalte der Vorlesung sind aber auf alle wissenschaftlichen Gebiete anwendbar.</p> <p>The lecture introduces the basic aspects of data analysis and the application of statistical methods to data in astronomy and other sciences.</p> <p>The course covers the following topics: Descriptive statistics, uncertainties and errors, error propagation, probability distributions, statistical inference, data smoothing, interpolation, regression, multivariate analysis, least-squares fitting, correlation analysis, hypothesis testing, correlation and testing fits. We will also cover practical aspects, such as plotting and presenting data, data formats, and work with real data. If time allows additional topics like image processing, astronomical data reduction, and others will be introduced.</p> <p>The course will often use real astronomical data or applications from astronomy, but the contents of the course are of course applicable to all physical sciences.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Studierende lernen die grundlegenden Konzepte gängiger statistischer Methoden und der Datenanalyse kennen und umzusetzen.</p> <p>Understanding of fundamental concepts of statistical methods and data analysis.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			

Mathematik für Studierende der Physik, Einführung in die Programmierung für Studierende der Physik, Grundlagen der Astronomie										
Die Übungen erfordern Zugang zu und sicheren Umgang mit Computern sowie Grundverständnis in einer Datenverarbeitungssoftware Ihrer Wahl (Origin, Excel, Matlab, Mathematica, R, ...) oder in einer Programmiersprache wie Python, Fortran, C, ...										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	alle 3 Semester									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Datenanalyse in Physik und Astronomie (Data Analysis in Physics and Astronomy)	V	2	3	Pf					X	X
Summe		2	3							

VGWAV	Gravitationswellen (Gravitational Waves)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Einsteinsche Feldgleichungen, linearisierte Theorie der Allgemeinen Relativitätstheorie, Geometrischer Zugang zu Gravitationswellen, Feldtheoretischer Zugang zu Gravitationswellen, Erzeugung von Gravitationswellen in linearisierter Theorie, Anwendungen (binäre Systeme, rotierende Körper, freier Fall in Schwarze Löcher, beschleunigte Massen), experimentelle Beobachtung von Gravitationswellen			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Studierenden lernen die Eigenschaften von Gravitationswellen der Allgemeinen Relativitätstheorie in einem geometrischen Zugang und komplementär innerhalb des Wellenbegriffes eines klassischen Feldes kennen. Sie können mögliche Quellen für die Produktion von Gravitationswellen benennen und einen Bezug zu astrophysikalischen Systemen herstellen. Sie verstehen die Prinzipien hinter der experimentellen Messung von Gravitationswellen und mögliche Methoden zur Detektion. Sie kennen die gegenwärtigen Beobachtungen von Gravitationswellen und wissen die Implikation dieser Messungen für die Eigenschaften von kompakten Objekten einzuschätzen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Theoretische Physik 1-3, Allgemeine Relativitätstheorie			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Schaffner-Bielich		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übungen		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Gravitationswellen (Gravitational Waves)	V+Ü	2+1	4	Pf					X	X
Summe		3	4							

4.3 Kern- und Elementarteilchenphysik

VLGT	Gittereichtheorie (Lattice gauge theory)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Gitterdiskretisierung von skalaren Feldern, fermionischen Feldern und Eichfeldern; Kontinuumslimites; grundlegende Monte-Carlo-Simulationsalgorithmen (Metropolis, Heatbath, HMC); Berechnung typischer QCD-Observablen (Wilson-Loops und das statische Quark-Antiquark-Potential, Hadronmassen, Zerfallskonstanten); Hopping-Parameter-Expansion; Gitterstörungstheorie; Verbesserung von Gitterwirkungen und -operatoren.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Übergang von der analytisch-perturbativen zur numerisch-nichtperturbativen Auswertung von Quantenfeldtheorien, insbesondere am Beispiel der starken Wechselwirkungen. Neben theoretischen Kenntnissen Erwerb von praktischem Wissen und Programmierkenntnissen durch computerorientierte Übungen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Siehe VQFT1 und VQFT2 sowie Pfadintegrale, Theorie der starken Wechselwirkungen (QCD), elementare Programmierkenntnisse.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Philippen		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VSTATP	Statistische Physik und kritische Phänomene (Statistical Physics and Critical Phenomena)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Phasenübergänge und kritische Phänomene, Ginzburg-Landau-Theorie für Phasenübergänge 2. Ising-Modell und andere einfache Spinmodelle 3. Renormierungsgruppe 4. Monte-Carlo-Methoden 			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Aufbauend auf den Grundvorlesungen über Theoretische Physik vermittelt das Modul vertiefende Kenntnisse über Phasenübergänge. Am Ende des Moduls können die Studierenden zur Beschreibung von kritischen Phänomenen geeignete Modelle heranziehen und das Konzept der Universalität auf kritische Phänomene in allen Bereichen der Physik anwenden.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
siehe VQFT1 und VQFT2			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Philipsen		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Statistische Physik und kritische Phänomene (Statistical Physics and Critical Phenomena)	V+Ü	3+1	6	Pf					X	X
Summe		4	6							

VHYDRO	Hydrodynamik und Transporttheorie (Hydrodynamics and Transport Theory)		CP 5
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 105 h	SWS: 3	
Inhalte			
single-particle phase space distribution functions; Boltzmann equation; free streaming; collisions; motion in an external field; self-consistent dynamics of particles and fields; molecular dynamics and correlations; continuum limit: Euler and Navier-Stokes hydrodynamics.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul vermittelt die Grundkonzepte der klassischen Strömungsmechanik als nichtlinearer Feldtheorie. Die Studierenden lernen die Grundgleichungen kennen und erwerben die Kompetenz, das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen unter verschiedenen Bedingungen zu beurteilen und in typische Lösungsklassen einzuordnen. In der Transporttheorie wird die fundamentale Einsicht vermittelt, wie aus einer reversiblen mikroskopischen Physik irreversibles makroskopisches Verhalten etwa in der Boltzmann-Gleichung entstehen kann und die Kompetenz erlangt, lokales und globales Gleichgewicht sowie Nichtgleichgewichtsprozesse zu erkennen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
klassische Mechanik, Vektoranalysis			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Tauschwitz		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Hydrodynamik und Transporttheorie (Hydrodynamics and Transport Theory)	V	3	5	Pf					X	X
Summe		3	5							

VTQFT	Thermische Quantenfeldtheorie (Thermal quantum field theory)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
<p>Pfadintegral und thermische Zustandssumme, „imaginary-time“ Formalismus, Störungstheorie, Feynmandiagramme und Temperatur, Skalar-, Dirac- und Eichfelder bei endlichen Temperaturen, Anwendungen im Standardmodell (QED, QCD), Phasenübergänge. Optional: endliche Dichte, magnetische Hintergrundfelder, effektive Theorien; „real-time“ Formalismus, Resummation und Grenzen der Störungstheorie, Linear Response.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Ziel des Moduls ist eine Einführung der theoretischen Konzepte zur Beschreibung von thermischen Effekten in der Quantenfeldtheorie. Der sogenannte Pfadintegralformalismus der Quantenfeldtheorie ist die fundamentale Grundlage der modernen Elementarteilchenphysik. Diese Beschreibung wird bei endlicher Temperatur und Dichte bzw. magnetischen Hintergrundfeldern ausführlich diskutiert. Die theoretischen Konzepte werden anhand von einfachen Modellen explizit hergeleitet und für das Standardmodell (QED, QCD) angewendet. Wesentliche Ergebnisse und Beschreibungen, die für die experimentellen Beobachtungen relevant sind werden vorgestellt. Eine Vertiefung einzelner Aspekte erfolgt in weiterführenden Vorlesungen, wie zum Beispiel Gitter-Quantenfeldtheorie.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Quantentheorie I, Theoretische Physik 5, wünschenswert: Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Philippen		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VDRIDE	Physik von Driftdetektoren (Physics of Drift Detectors)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Grundlagen von Ionisation durch geladene Teilchen in Gasen, Photo-Absorptions Ionisations Modell, Energieverlustfluktuationen, Elektronen- und Ionendrift in elektrischen und magnetischen Feldern, Gasverstärkung, Signaleinkopplung, Positionsmessung. Teilchenidentifizierung durch Messung des spezifischen mittleren Energieverlusts. Impulsbestimmung im Magnetfeld. Statistische und systematische Limitierungen in realen Detektoren. Methoden zur Kalibrierung von großen Driftdetektoren.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Detaillierte Kenntnis der relevanten physikalischen Phänomene versetzt Studierende in die Lage, eigenständig reale Driftdetektorsysteme zu entwerfen und im Rahmen von Monte-Carlo Studien zu optimieren. Die Studierenden erlangen ein Verständnis für die komplexen Kalibrierungsschritte großvolumiger Detektoren. Das Modul bereitet Studierende für die Arbeit an kernphysikalischen Großexperimenten vor. Simulation, Entwicklung, Kalibrierung und Analyse von Driftdetektordaten sind typische Elemente von Bachelor-, Master-, und Doktorarbeiten auf diesem Gebiet.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Module VEX3, VEX4A			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Appelshäuser		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physik von Driftdetektoren (Physics of Drift Detectors)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VKMFI	Kernphysikalische Methoden in Forschung und Industrie (Nuclear physics methods in research and industry)		CP 4
Kontaktstudium: 40 h	Selbststudium: 80 h	SWS: 3	
Inhalte			
<ul style="list-style-type: none"> • Einführung und Kernphysikalische Grundlagen: Grundbegriffe, Kernreaktionen, Radioaktiver Zerfall • Industrielle Anwendungen in Materialentwicklung und Analyse: Historische Anwendungen, Materialforschung, Sterilisation und Mutations Anwendungen, Tiefbohrungsanalyse • Kernenergie und erneuerbare Energien: Fusion und Spaltung, Reaktoren, Reaktorgefahren und Speicher, Fusionsreaktoren, Erneuerbare Energien; • Medizinische Anwendungen in Diagnostik and Behandlung: Radiographie, Bildgebende Verfahren, Bestrahlungsmethoden und Techniken; • Isotopenanalyse und Iso-scapes: Isotopenverteilung und Fraktionierungsprozesse, Iso-Scapes, Klimaanalyse mit ^{18}O, Forensische und biologische Anwendungen • Anwendung in Kunst und Archäologie: Radiologie, XRF und PIXE, Raman Spektroskopie, Radiokarbon Methode, Thermolumineszenz • Der Bombenpeak: Ursprung des Bombenpeaks, Anwendungen des Bombenpeaks • Gesellschaftliche Ängste: Zukunftshoffnungen mit und Zukunftsängste vor neuen Techniken 			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Verständnis der Grundlagen der Kernphysik und der wichtigsten Anwendungen in ihrer gesamten Breite. Die Studierenden sind nach der Vorlesung in der Lage, Potenzial und Gefahren der Kernphysik in der modernen Gesellschaft kompetent zu diskutieren.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
keine			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Kernphysikalische Methoden in Forschung und Industrie (Nuclear physics methods in research and industry) (Blockveranstaltung, 8 Tage V4 + 2 Tage Ü4)	V+Ü	2+1	4	Pf	X		X		X	
Summe		3	4							

4.4 Festkörperphysik

VEXGMAG	Magnetismus — Grundlagen, Methoden, Materialien (Magnetism — Foundations, Methods, Materials)	CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2
Inhalte		
Magnetostatik, Magnetismus lokalisierter Elektronen, Ferromagnetismus und Austauschwechselwirkung, Antiferromagnetismus, moderne Messmethoden, magnetische Materialien aus der Anwendung und aktuellen Forschung.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
In diesem Modul werden, ausgehend von Grundlagen der Atom- und Festkörperphysik (wie Elektronen, Schalenmodell des Atoms, Pauli-Prinzip, Kristallgitter), Grundbegriffe des Magnetismus (wie u. A. magnetische Eigenschaften isolierter Atome/Ionen und elektrostatische Wechselwirkungen als Ursache magnetischer Ordnung) entwickelt. Es werden wichtige Konzepte zur Beschreibung grundlegender magnetischer Phänomene vorgestellt und an einigen Beispielen konkretisiert. Die Vorlesung gibt einen Überblick über relevante Experimentiertechniken zur Bestimmung magnetischer Eigenschaften und stellt Bezüge zur aktuellen Grundlagenforschung her. Das Modul ist als Basisveranstaltung gedacht und richtet sich an ein breites Publikum.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4, Anfängerpraktikum 1-2</i>		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik	
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Lang	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	keine	
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung	
Modulprüfung		

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Magnetismus — Grundlagen, Methoden, Materialien (Magnetism — Foundations, Methods, Materials)	V	2	3	Pf					X	
Summe		2	3							

VDFT	Density Functional Theory		CP 5
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 105 h	SWS: 3	
Inhalte			
Hohenberg-Kohn theorem, interacting v -representability, spin/current-density functional theory, Kohn-Sham equations, noninteracting v -representability, exact exchange, virial theorems, adiabatic connection, local density approximation (LDA), (meta) generalized gradient approximation, LDA+ U , orbital-dependent functionals, relativistic density functional theory (optionally: time-dependent density functional theory)			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
In this module students are trained for doing research in the field of computational electronic structure theory. Both the complete theoretical background of one of the standard methods in this field, density functional theory, and more practical aspects are covered. In particular, students learn to distinguish the various aspects of electron correlation. Prototype results from a variety of fields illustrate the merits and limitations of density functional theory. As a result of this course, students understand the significance and implications of various approximations and are able to operate standard density functional codes. Students are ready for pursuing a bachelor's or master's project in this field.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
required knowledge: basic elements of many-particle quantum mechanics (wavefunctions, operators, Schrödinger equation, Coulomb interaction, Hartree-Fock approximation, 2nd quantization, field operators); recommended knowledge: basic elements of Green's function approach to many-particle systems (1-particle propagator, response functions, Dyson equation, irreducible functions, Feynman diagrams); (semi)relativistic quantum mechanics (Pauli equation, Dirac equation) recommended for preparation: course <i>Introduction to Quantum Many-Particle Theory</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Engel		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Density Functional Theory	V	3	5	Pf						X
Summe		3	5							

VQMD	Quantum Molecular Dynamics		CP 5
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 105 h	SWS: 3	
Inhalte			
<p>Born-Oppenheimer approximation; density functional theory (Hohenberg-Kohn theorem, Kohn-Sham equations, local density approximation, generalized gradient approximation, time-dependent density functional theory); Born- Oppenheimer versus Car-Parrinello dynamics; iterative diagonalization; optimization techniques (steepest descent, conjugate gradient dynamics, variable metric method); global energy minimization (Metropolis algorithm, Markov chains, dynamical simulated annealing); pseudopotentials; quantum molecular dynamics for periodic systems; Kleinman-Bylander transformation; supercell concept</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>This module provides a bridge between the electronic structure of atoms, familiar to students from the standard course(s) on quantum mechanics, and the electronic structure of molecules and solids. The course addresses both the fundamental physics involved as well as the theoretical concepts and computational techniques required for efficiently dealing with such systems. Students become familiar with the relevant lengths, time and energy scales, with the notion of hybridization and delocalization of states, and with the Born-Oppenheimer approximation. In addition, students make first contact with “counterintuitive” approaches, such as the pseudopotential approximation or the simulation of the Schrödinger equation by another differential equation. They learn about the interplay between the equations of motion and discretization. In this way students are trained to think more creatively about the representation of physics in terms of equations.</p> <p>The course is directly based on the mandatory theory courses <i>Theoretische Physik I-IV</i>. It is highly self-contained, preparation of students by attending additional courses e.g. in condensed matter theory is not required. The module prepares students for pursuing bachelor’s or master’s projects in computational electronic structure theory.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
<p>basic understanding of (a) classical electrodynamics (Coulomb forces, multipole expansion); (b) quantum mechanics of many-electron systems (wavefunctions, Schrödinger equation, spin, Pauli principle, 2nd quantization); (c) atomic physics (electronic structure, energetics)</p>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Engel		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Quantum Molecular Dynamics	V	3	5	Pf					X	X
Summe		3	5							

VQMPT	Vielteilchenphysik (Many-body physics)				CP 8	
Kontaktstudium: 90 h		Selbststudium: 150 h		SWS: 6		
Inhalte						
Zweite Quantisierung, Vielteilchen-Modellsysteme, Greensche Funktionen, Diagrammatische Störungstheorie für $T = 0$ und $T > 0$, Random-Phase Approximation, Leiter-Näherung						
Lernergebnisse/Kompetenzziele						
Die Studierenden lernen die grundlegenden Methoden der Vielteilchen-Theorie, um eigenständig auf dem Gebiet der Vielteilchenphysik arbeiten zu können.						
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls						
keine						
Empfohlene Vorkenntnisse						
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–5</i>						
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik				
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik				
Häufigkeit des Angebots		unregelmäßig				
Dauer		einsemestrig				
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Kopietz				
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch				
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen						
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an den Übungen				
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbefriedet				
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Übung				
Modulprüfung						
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Vielteilchenphysik (Many-body physics)		V+Ü	4+2	8	Pf	
Summe			6	8		

VFSTATP	Fortgeschrittene Statistische Physik: Nichtgleichgewicht, kritische Phänomene und Renormierungsgruppe (Advanced Statistical Physics: Non-equilibrium, Critical Phenomena, and Renormalization Group)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
Im ersten Teil der Vorlesung werden die grundlegenden Methoden und Gleichungen der statistischen Physik im Nicht-Gleichgewicht hergeleitet und diskutiert. Im zweiten Teil wird die Theorie der Renormierungsgruppe entwickelt und auf die Berechnung kritischer Phänomene angewandt.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die folgenden Themen der Nicht-Gleichgewichts Statistischen Physik werden behandelt: Langevin-Gleichungen, Fokker-Planck Gleichungen, Master-Gleichungen, Kinetik klassischer Gase, Boltzmann-Gleichung, Navier-Stokes Gleichung. Anschließend werden kritischen Phänomene am Beispiel der Ising-Universalitätsklasse eingeführt und das Skalenverhalten in der Nähe des kritischen Punktes erklärt. Es folgt eine Einführung in die Wilsonsche Renormierungsgruppen-Methode. Schließlich wird die Funktionale Renormierungsgruppe entwickelt. Mit den in diesem Modul erworbenen Kenntnissen können die Studierenden viele aktuelle Forschungsthemen im Bereich der statistischen Physik und der wechselwirkenden Vielteilchensysteme verstehen. Die Vorlesung kann begleitend zur Anfertigung einer Bachelor- oder Masterarbeit auf diesen Gebieten gehört werden.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–5</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Kopietz		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VMAFE	Theorie starker Magnetfelder in der Festkörperphysik (Theory of Strong Magnetic Fields in Solid State Physics)	CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2
Inhalte		
<ul style="list-style-type: none"> • Klassische Behandlung eines geladenen Teilchens im elektromagnetischen Feld im Hamilton- und Lagrange-Formalismus sowie die Lösung der Bewegungsgleichungen für ein konstantes Magnetfeld und im Fall eines gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldes • Formulierung des quantenmechanischen Ein-Teilchen-Problems und dessen Lösung (Erhaltungsgrößen, symmetrische und Landau-Eichung, Landau-Niveaus, Entartung, Füllfaktor) • Freies Teilchen im gitterperiodischen Potential ohne Magnetfeld (Bloch-Theorem) und das Bloch-Elektron im Magnetfeld, Näherung eines langsam veränderlichen Vektorpotentials und die Peierls-Substitution im Fall schwacher Felder • Beschreibung eines Teilchens mittels eines tight-binding-Modells und Peierls-Substitution für ein quadratisches Gitter im Magnetfeld, Ableitung der Harper-Gleichung für schwache und starke Magnetfelder, Eigenschaften des Spektrums (Hofstadter-Schmetterling) • Semiklassisches Modell (Gültigkeit, Ableitung der Bewegungsgleichungen) im homogenen Magnetfeld und im gitterperiodischen Potential, Bahnkurven und Fermiflächen • Magnetische Suszeptibilität freier Elektronen im schwachen Feld (Trennung von diamagnetischem und paramagnetischem Anteil) und im starken Feld mit temperaturunabhängigen Oszillationen, deren Periode invers zur Stärke des Magnetfeldes ist • Bohr-Sommerfeld-Quantisierung der semiklassischen Theorie im periodischen Potential und konstanten Magnetfeld und die Onsagersche Quantisierungsbedingung, experimenteller Nachweis und theoretische Erklärung des de Haas-van Alphen-Effekts, Aussagen über die Form der Fermi-Fläche eines Metalls • Transporterscheinungen im Magnetfeld (Hall-Effekt im Rahmen der Drude- und Boltzmann-Theorien, Schubnikow-de Haas-Effekt der Leitfähigkeit und die Quanten-Hall-Effekte bei ganzzahligem und gebrochenzahligem Füllfaktor) • Quanten-Hall-Effekt in Graphen 		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Die Vorlesung behandelt mit Methoden der theoretischen Physik Eigenschaften von Festkörpern, die einem hinreichend starken magnetischen Feld ausgesetzt sind. Neben der grundsätzlichen quantenmechanischen Behandlung, die sich für das Ein-Teilchen-Problem als praktikabel erweist, sind bei der Behandlung von Metallen, die ein gitterperiodisches Potential aufweisen, geeignete Näherungen notwendig. Dazu gehören die Peierls-Substitution zum Verständnis der Energie-Eigenwerte oder eine semiklassische Näherung zur Erklärung der Oszillationen der magnetischen Suszeptibilität beim de Haas-van Alphen-Effekt.</p> <p>Das Modul vertieft und erweitert die Kenntnisse der Vorlesungsteilnehmer auf dem Gebiet der theoretischen Festkörperphysik sowohl in methodischer Hinsicht als auch in Bezug auf experimentelle Ergebnisse, die in den letzten Jahren erzielt wurden.</p> <p>Die Vorlesung macht deutlich, dass die experimentelle Nutzung von Magnetfeldern es einerseits erlaubt, wertvolle Informationen über mikroskopische Eigenschaften des Festkörper zu gewinnen, und andererseits die Entdeckung neuartiger Phänomene ermöglicht, die einer theoretischen Erklärung bedürfen.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		

VKITRA	Introduction to physical kinetics, transport theory, and disordered systems		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Kinetic (Boltzmann) equation; Scattering by impurities and diffusion equation; Scattering of electrons by another electrons, viscosity, and Navier-Stokes equation; currents of charge and heat, kinetic coefficients, Onsager relations, Weidman-Franz law, and thermo-electric effect; Scattering by phonons and temperature dependence of the electric conductivity; Effect of magnetic field and classical Hall effect; Electron spin, scattering by magnetic impurities, spintronics, and spin-Seebeck effect (optionally: Kondo effect); Zero-temperature green functions, diagrammatic technique for disorder potential, Kubo formula, and current-current correlation function (optionally: weak localisation (interference) corrections to bulk conductivity).			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Introduction to the kinetics of physical systems, with many applications to electrons in a disordered potential, and transport theory of conductors. Scattering of electrons by phonons, magnetic impurities, and other electrons are considered in detail in this course, as well as thermoelectricity, spintronics, and the classical Hall effect induced by external magnetic field. The diffusion and the Navier-Stokes equations are derived starting from the kinetic equation in this course. This lecture extends the standard curriculum of the undergraduate physics towards research in the theoretical solid-state physics. It can also serve as a preparation for the bachelor- master-level research projects, or accompany doctoral and postdoctoral research.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
No special knowledge is required. Classical mechanics (VTH2: Klassische Mechanik) and a very basic knowledge of quantum mechanics (the beginning of VTH4: Quantenmechanik) are enough for this course.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Kopietz		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Introduction to physical kinetics, transport theory, and disordered systems	V	2	3	Pf					X	X
Summe		2	3							

VEFRG	Einführung in die Funktionale Renormierungsgruppe (Introduction to the functional renormalization group)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
<p>In diesem Modul wird eine systematische Einführung in die Theorie der Funktionalen Renormierungsgruppe gegeben. Die folgenden Themen werden behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Das Konzept der Renormierungsgruppe 2. Phasenübergänge und Skalenhypothese 3. Molekularfeld-Theorie und Gauß'sche Näherung 4. Die Wilsonsche Renormierungsgruppe 5. Kritische Exponenten des Ising-Modells in der Nähe von 4 Dimensionen 6. Funktional-Methoden 7. Exakte Renormierungsgruppen Flussgleichungen 8. Vertex-Entwicklung 9. Gradienten-Entwicklung 10. Anwendungen auf Vielteilchensysteme (Fermionen, Bosonen, Spinsysteme). 			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Studierenden erwerben in diesem Modul ein grundlegendes Verständnis der Idee der Renormierungsgruppe und ihrer modernen Formulierung durch formal exakte Flussgleichungen für erzeugende Funktionale. Die Studierenden sollen dabei die Fähigkeit erwerben, eigenständig Renormierungsgruppenmethoden zur Lösung physikalischer Probleme einzusetzen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Module: Quantenmechanik (VTH4) und Thermodynamik und Statistische Physik (VTH5)			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Kopietz		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übung		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Funktionale Renormierungsgruppe (Introduction to the functional renormalization group)	V+Ü	4+2	8	Pf						X
Summe		6	8							

4.5 Laser-, Plasma- und Atomphysik sowie Quantenoptik

VUKQG	Quanteninformation und Ultrakalte Atome (Quantum Information and Ultracold Atoms)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
Suprafluidität und Bose-Kondensation, Theorie wechselwirkender Bosonen (Bogoliubov, Gross-Pitaevskii), Quantenstatistik und Hanbury-Brown-Twiss Experiment, optische Gitter, Mott-Übergang, Bloch-Oszillationen, fermionische Kondensate und BCS-Theorie, Grundlagen der Quanteninformationstheorie, Bell'sche Ungleichung und Quantenteleportation, Verschränkung und Entropie, Schumacher-Codierungstheorem, Quantencomputing			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Ziel ist es, die Studierenden mit zentralen Themen der modernen Quantenphysik und ihren Anwendungen vertraut zu machen. Die Vorlesung ist daher auch interessant als Vorbereitung für eine spätere Master/Bachelor Arbeit auf diesem Gebiet.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4</i> , <i>Theoretische Physik 1-5</i> , insbesondere zentrale Konzepte der Quantenmechanik (Schrödinger-Gleichung, Hilbertraum, Observablen) und der statistischen Physik (Dichteoperator, Ensembles, Temperatur, Entropie).			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Hofstetter		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VTHQO	Theoretische Quantenoptik (Theoretical Quantum Optics)		CP 8
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h	SWS: 6	
Inhalte			
Quantisierung und Kohärenzeigenschaften des elektromagnetischen Feldes, squeezed States, Phasenraumdarstellungen, Wigner-Funktion, Quantenmechanik offener Systeme, Lindblad- und Fokker-Planck- Gleichung, Quantum Markov-Prozesse, Dekohärenz und Theorie der Messung, Quanteninformationsverarbeitung mit quantenoptischen Systemen, Cavity QED, Theorie des Lasers, Lichtkräfte, ultrakalte Quantengase			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Ziel ist es, die Studierenden mit diesen zentralen Themen der modernen Quantenphysik und ihren Anwendungen vertraut zu machen. Die Vorlesung ist daher auch interessant als Vorbereitung für eine spätere Master/Bachelor Arbeit auf diesem Gebiet.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-4</i> , <i>Theoretische Physik 1-5</i> , insbesondere zentrale Konzepte der Quantenmechanik (Schrödinger-Gleichung, Hilbertraum, Observablen) und der statistischen Physik (Dichteoperator, Ensembles, Temperatur, Entropie).			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Hofstetter		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

VTHPLAS	Theoretische Plasmaphysik (Theoretical Plasma Physics)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
Grundlagen, Bewegung von Teilchen in elektromagnetischen Feldern, Wellen in Plasmen, Zweistrom-Instabilität, Fokker-Planck-Gleichung; Magnetohydrodynamik: Feldkonfigurationen, Wellen, Instabilitäten; stochastische Prozesse, Wechselwirkung von Teilchen mit Wellen; numerische Methoden.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Das Modul gibt einen elementaren Überblick über das theoretische Verständnis der Plasmen, ausgehend von der Bewegung von Teilchen in elektromagnetischen Feldern über kollektive Effekte bis hin zu Instabilitäten. Es hilft beim Zugang zu theoretischen und experimentellen Arbeiten im Bereich der Labor- und astrophysikalischen Plasmen. Die Studenten erwerben ein grundlegendes Wissen über Vielteilcheneffekte in hochgradig nichtlinearen Situationen. Sie lernen, numerische Verfahren zu beurteilen und die Möglichkeit ihrer Anwendung in anderen Bereichen kritisch zu beurteilen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Grundlagen der Theorie der Mechanik der Punktteilchen, der elementaren Hydrodynamik, und der elektromagnetischen Felder und Wellen.			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Jacoby		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Plasmaphysik (Theoretical Plasma Physics)	V+Ü	3+1	6	Pf					X	
Summe		4	6							

4.6 Angewandte Physik

VE/TRT	Experimentelle Tests der Relativitätstheorie (Experiments tests of special and general relativity)				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie, Experimente zur speziellen Relativitätstheorie, Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, Experimente zur allgemeinen Relativitätstheorie										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie haben das physikalische Weltbild entscheidend verändert. In diesem Modul wird die empirische Basis beider Theorien kritisch behandelt, um den Studierenden eine kompetente Beurteilung und überzeugende Vertretung dieser Theorien gegenüber Nichtphysikern zu ermöglichen.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1a</i> , <i>Theoretische Physik 1-2</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentelle Tests der Relativitätstheorie (Experimental tests of special and general relativity)	V	2	3	Pf				X		X
Summe		2	3							

VMALE	Maschinenlern-Verfahren und ihre Anwendung in Mustererkennung, KI und Suchmaschinen-Technik (Machine Learning and its Applications to Pattern Recognition, Artificial Intelligence and Search Engines)		CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3	
Inhalte			
Grundbegriffe der Informationstheorie und der Wahrscheinlichkeitstheorie, Bayes-Methoden und statistisches Schließen, Einführung in die grundlegenden Fragestellungen beim Maschinenlernen, Modellwahl, -anpassung und -validierung, lineare Klassifikationsmethoden, nicht-parametrische Techniken (k-nächste Nachbarn), naive Bayes-Klassifikation und Erweiterungen, Bayes-Netze, Entscheidungsbäume, Ensemble-Lerner (Bagging und Boosting), (randomisierte) Entscheidungswälder, Support-Vektor-Maschinen, neuronale Netze.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Im Mittelpunkt der Veranstaltung werden trainierte Maschinenlern-Verfahren (supervised learning) stehen und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis, samt der sich hierbei ergebenden praktischen Probleme. Die Anwendungsbeispiele werden in Absprache mit den Teilnehmer aus den Bereichen Mustererkennung, künstliche Intelligenz/Software-Agenten, Textklassifikation und Suchmaschinen-Technik gewählt.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Differential- und Integralrechnung, Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung/Statistik			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik		
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Roskos		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Maschinenlern-Verfahren und ihre Anwendung in Mustererkennung, KI und Suchmaschinen-Technik (Machine Learning and its Applications to Pattern Recognition, Artificial Intelligence and Search Engines)	V+Ü	2+1	4	Pf			X		X	
Summe		3	4							

VMALE2	Maschinenlern-Verfahren II und ihr Einsatz in KI und Robotik (Machine Learning II and its Application to Artificial Intelligence and Robotics)	CP 4
Kontaktstudium: 45 h	Selbststudium: 75 h	SWS: 3
Inhalte		
Reinforcement-Learning, logisches und (statistisches) relationales Lernen, Cluster-Verfahren, Dimensionsreduktion, Independent-Component-Analysis und blinde Signaltrennung; Flankierende Grundlagenthemen: Heuristische Optimierungs- und Suchverfahren, Bayes-Methoden und statistisches Schließen, (algorithmische) Informationstheorie, Ähnlichkeitsmetriken		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Im Mittelpunkt der Veranstaltung werden ausgewählte Maschinenlern-Verfahren stehen und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der künstlichen Intelligenz und insbesondere der Robotik. Im Rahmen der Übungen wird neben praktischen Beispielen der behandelten ML-Verfahren unter anderem das Robot-Operating-System (ROS) behandelt (in Simulation und anhand von Lehrrobotern).		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Differential- und Integralrechnung, Matrizen- und Vektorrechnung, Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung/Statistik (d.h. Standard-Mathematik-Vorlesung BSc Physik)		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Roskos	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbentet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung	
Modulprüfung		

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Maschinenlern-Verfahren II und ihr Einsatz in KI und Robotik (Machine Learning II and its Application to Artificial Intelligence and Robotics)	V+Ü	2+1	4	Pf			X		X	
Summe		3	4							

VSPRACH	Sprachakustik und Sprachsignalverarbeitung (Speech acoustics and speech signal processing)				CP 3					
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h		SWS: 2							
Inhalte										
Akustische und artikulatorische Grundlagen der Sprachproduktion; phonetische Konzepte; Modellbeschreibungen der Spracherzeugung; Anwendungen der Sprachverarbeitung: Sprachsynthese, Spracherkennung, Sprachkodierung und Störgeräuschsunterdrückung; anwendungsbezogene Konzepte und Verfahren der Systemtheorie und statistischen Signalverarbeitung: Wellendigitalfilter, Lineare Prädiktion, MFCCs, DTW, Hidden Markov Modelle, Dynamische Programmierung, Unit Selection usw.; praxisrelevante Herausforderungen der Sprachtechnologien.										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Die Grundlagen der akustischen und artikulatorischen Sprachproduktion sollen den Studierenden im ersten Abschnitt der Vorlesung vermittelt werden. Darauf aufbauend sollen in einem zweiten Abschnitt modellbasierte und algorithmische Beschreibungen für Sprachtechnologien erarbeitet werden.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2, Theoretische Physik 1-2</i>										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Ratzinger									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	keine									
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulprüfung										
grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Sprachakustik und Sprachsignalverarbeitung (Speech acoustics and speech signal processing)	V	2	3	Pf				X		X
Summe		2	3							

5 Module zu Schlüsselqualifikationen

VPFEI1	Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I (Patent Law – Research – Development – Innovation I)	CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2
Inhalte		
Handhabung geistigen Eigentums am Beispiel der gewerblichen Schutzrechte, insbesondere des Patents. Erhalten, Verteidigen und Durchsetzen von Patenten. Staatliche Innovationspolitik, unternehmerische Forschung und Entwicklung, Technologiemanagement.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Dieses Modul dient dem Erwerb von Schlüsselqualifikationen. In ihm werden grundlegende Kenntnisse über das Patentwesen erworben und die Kompetenz vermittelt, wissenschaftliche Forschung und Entwicklung in ein Unternehmensumfeld einzuordnen.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
keine		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Engel	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	keine	
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung	
Modulprüfung		

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I (Patent Law – Research – Development – Innovation I)	V	2	3	Pf	X		X		X	
Summe		2	3							

VPFEI2	Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation II (Patent Law – Research – Development – Innovation II)		CP 3
Kontaktstudium: 30 h	Selbststudium: 60 h	SWS: 2	
Inhalte			
Bewertung der Patentierbarkeit einer Entwicklung und des Schutzbereichs eines Patents. Innovationsmanagement, Hochtechnologie-Unternehmensgründungen, Kooperation Hochschule – Wirtschaft.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Dieses Modul dient dem Erwerb von Schlüsselqualifikationen. In ihm werden Leitsätze wegweisender Entscheidungen zu Patentierbarkeit und des betrieblichen Innovationsmanagements vermittelt. Die Studierenden erwerben die Kompetenz zu entscheiden, welche Forschungsergebnisse patentierbar sind und wie man Patentschutz erlangt und durchsetzt. Außerdem erhalten sie einen Überblick darüber, wie der Übergang von der universitären Forschung zur kommerziellen Anwendung gestaltet werden kann.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt der Lehrveranstaltung <i>Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I</i>			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Bio- physik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Engel		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	keine		
Leistungsnachweise	Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung		
Modulprüfung			

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min.) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation II (Patent Law – Research – Development – Innovation II)	V	2	3	Pf		X		X		X
Summe		2	3							

6 Nebenfachmodule

6.1 Nebenfach Astronomie

ASTRO1	Astronomie I (Astronomy I)				CP 8						
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h		SWS: 6								
Inhalte											
Koordinatensysteme, Strahlung, Planetensystem, Energieerzeugung in der Sonne, Aufbau der Sonne											
Lernergebnisse/Kompetenzziele											
Das Modul bietet eine erste Einführung in die Astronomie. Der/die Studierende erlernen grundlegende Konzepte und Denkweisen der Astronomie. Themen sind Koordinatensysteme, Strahlung, Planetensystem, Energieerzeugung in der Sonne, Aufbau der Sonne.											
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls											
keine											
Empfohlene Vorkenntnisse											
keine											
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots		jährlich									
Dauer		einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Reifarth									
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen											
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise		erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen		Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Übung									
Modulprüfung											
Modulabschlussprüfung, benotet		mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
bestehend aus:											
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
						1	2	3	4	5	6
Einführung in die Astronomie 1 (Introduction to Astronomy 1)		V+Ü	4+2	8	Pf	X		X		X	
Summe			6	8							

ASTRO2	Astronomie II (Astronomy II)				CP 8					
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 150 h		SWS: 6							
Inhalte										
Sternentwicklung, Supernovae, Aufbau der Galaxis, Galaxien, Aktive Galaxien, Kosmologie										
Lernergebnisse/Kompetenzziele										
Das Modul bietet eine weiterführende Einführung in die Astronomie. Der/die Studierende erlernen grundlegende Konzepte und Denkweisen der Astronomie. Themen sind Sternentwicklung, Supernovae, Aufbau der Galaxien, Aktive Galaxien, Kosmologie.										
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls										
keine										
Empfohlene Vorkenntnisse										
Der Inhalt der Veranstaltung <i>Einführung in die Astronomie I</i> ist hilfreich, aber nicht erforderlich.										
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots	jährlich									
Dauer	einsemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth									
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen										
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen									
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet									
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet	mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
bestehend aus:										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Astronomie 2 (Introduction to Astronomy 2)	V+Ü	4+2	8	Pf		X		X		X
Summe		6	8							

ASTRO3	Astronomie III (Astronomy III)	CP 13
Kontaktstudium: 105 h	Selbststudium: 285 h	SWS: 7
Inhalte		
<p><i>Astronomisches Praktikum:</i> Computer- und Beobachtungspraktikum mit Beispielen, Simulationen und wichtigen softwaretools der Astronomie sowie einer Exkursion.</p> <p><i>Astronomische Spezialvorlesung:</i> zur Auswahl stehen Vorlesungen über Struktur und Dynamik der Sterne, Struktur und Dynamik der Galaxis, Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme, Nukleare und Astroteilchenphysik, Allgemeine Relativitätstheorie, Kosmologie, Experimentelle Astrophysik</p> <p><i>Astronomisches Seminar:</i> Auswahl aus Spezialthemen der modernen Astronomie (siehe Auflistung unter Ziele des Moduls)</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Der/die Studierende vertiefen ihr Wissen in der Astronomie. In einem am Computer basierten Praktikum lernen sie interaktiv die Anwendung von Wissen aus den Modulen ASTRO1,2. Sie lernen wichtige Software- Werkzeuge des Faches kennen und trainieren den selbstständigen Umgang damit. Themengebiete sind: Klassifikation extragalaktischer und galaktischer Objekte anhand spektraler Eigenschaften. Modellierung von Röntgenspektren aktiver galaktischer Kerne. Entfernungsbestimmung von Cepheiden. Hertzsprung - Russel Diagramm. Berechnungen zu Planetenbahnen und Koordinatensystemen. Dunkle Materie in der Milchstraße. Schließlich wählen sie aus einem Angebot von Spezialvorlesungen einen Themenbereich aus, in dem sie vertieftes Wissen erwerben wollen. In einem Seminar erarbeiten sie eigenständig ein Teilgebiet der Astronomie und üben die Präsentation in einem Seminarvortrag.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Der Inhalt der Veranstaltungen <i>Einführung in die Astronomie I-II</i> ist hilfreich, aber nicht erforderlich.		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	zweisemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Reifarth	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme am Praktikum und am Seminar	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme am Praktikum und am Seminar, Seminarvortrag im Rahmen des <i>Astronomischen Seminars</i>	
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise	
Lehr- / Lernformen	Praktikum, Vorlesung, Seminar	
Modulprüfung		
Modulabschlussprüfung, benotet		

bestehend aus:		mündliche Prüfung (20–40 Min.)								
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Astronomisches Praktikum (Lab Class Astronomy)	P	3	6	Pf		X		X		
Astronomische Spezialvorlesung (Special Topics in Astronomy)	V	2	3	Pf			X		X	
Astronomisches Seminar (Astronomy Seminar)	S	2	4	Pf				X		X
Summe		7	13							

6.2 Nebenfach Elektronik

Das Nebenfach Elektronik besteht aus zwei konsekutiven Modulen, die beide erfolgreich absolviert werden müssen. Die Gesamtnote des Nebenfaches ist die Durchschnittsnote der beiden Modulabschlussprüfungen. Von der Teilnahme an ELEK-D kann abgesehen werden, falls der oder die Studierende ein inhaltsgleiches Modul vorweisen kann (z.B. B-HW zusammen mit B-HWS-PR, Informatik). Soweit letztgenannte Module bereits als Studienleistungen eingebracht wurden, werden für das Nebenfach Elektronik nur die CP und die Note des Moduls ELEK-A berücksichtigt. Das Nebenfach kann im Bachelor oder im Master eingesetzt und jederzeit im Studienverlauf begonnen werden.

ELEK-A	Analogelektronik (Analog Electronics)	CP 9
Kontaktstudium: 83 h	Selbststudium: 187 h	SWS: 6
Inhalte		
<p><i>Elektronik und Sensorik I:</i> Die Vorlesung <i>Elektronik und Sensorik I</i> bietet eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundsaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation.</p> <p><i>Elektronik und Sensorik II:</i> Die Vorlesung <i>Elektronik und Sensorik II</i> bietet, aufbauend auf die Vorlesung <i>Elektronik und Sensorik I</i>, eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundsaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation. Kern des Praktikums ist es, den Studierenden den Einsatz der wichtigsten Baugruppen der analogen Elektronik zu vermitteln und den Aufbau einfacher Schaltungen der Analogelektronik zu üben.</p> <p><i>Elektronikpraktikum (Analogteil):</i> Ladungstransport, Signale, lineare passive Netzwerke, physikalische Grundlagen der Halbleiter-Bauelemente, Diodenschaltungen, bipolare und FET-Transistoren, Gegenkopplung</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Die Studierenden erlernen grundlegende Konzepte des Faches und erwerben die Kompetenz zur eigenständigen Analyse elektronischer Bauelemente sowie zur Analyse und zum Aufbau elektronischer Schaltungen.</p> <p>Insbesondere im Rahmen des Praktikums sollen Fertigkeiten wie selbständiger Aufbau und Dimensionierung elektronischer Schaltungen, eigenständiges Lösen von Problemen sowie die Fähigkeit zur Dokumentation und Präsentation von Messergebnissen erworben werden.</p> <p>Das Modul richtet sich an Studierende aller Semester.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		

ELEK-D	Digitalelektronik (Digital Electronics)	CP 8
Kontaktstudium: 68 h	Selbststudium: 172 h	SWS: 5
Inhalte		
<p><i>Digitale Elektronik I:</i> In der Vorlesung <i>Digitale Elektronik I</i> werden zunächst die für das Digitalelektronikpraktikum benötigten Kenntnisse vorbereitet, so werden z.B. die boolesche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien eingeführt. Hierbei wird Wert auf die praxisnahe Gestaltung der Vorlesung gelegt.</p> <p><i>Digitale Elektronik II:</i> In der Vorlesung "Digitalelektronik II" werden die Themen boolesche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien vertieft. Die Vorlesung ist ergänzend zum Praktikum und dient zur Diskussion der konkreten Projekte.</p> <p><i>Elektronikpraktikum (Digitalteil):</i> In dem Praktikum, das durch eine ergänzende Vorlesung „Digitalelektronik II“ zur Diskussion der konkreten Projekte begleitet wird, werden die Studierenden zunächst durch den Aufbau von Schaltungen mit diskreten Bauelementen an die Materie herangeführt, so dass diese dann mit VHDL ein eigenständiges Projekt mit programmierbarer Logik definieren und implementieren können.</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Den Studierenden wird ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweise digitaler Schaltungen vermittelt, um in der Lage zu sein, zukünftige vertiefende Arbeiten und Aufgabenstellungen auf dem Gebiet sicher einzuordnen. Im Vordergrund des Praktikums steht die selbstständige Anwendung des Erlernten durch die selbstständige Durchführung eines in Teamarbeit frei zu gestaltenden Projektes. Das Modul richtet sich an Studierende aller Semester.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
Modul Elek-A oder gleichwertige Vorkenntnisse. Das Praktikum kann ohne die gleichzeitige Teilnahme an den Vorlesungen <i>Digitale Elektronik I,II</i> oder eine bereits erfolgte erfolgreiche Modulabschlussprüfung für das Modul ELEK-D nicht begonnen werden.		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt des Moduls ELEK-A		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Fröhlich	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Teilnahme am Praktikum (Die Leistungsnachweise können nachgereicht werden, müssen also bei der Anmeldung zur Modulabschlussprüfung noch nicht vorliegen.)	

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesungen, Übung, Praktikum									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus:	mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min.)									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Digitale Elektronik I (Digital Electronics I)	V	2	3	Pf				X		X
Digitale Elektronik II (Digital Electronics II) (die Lehrveranstaltung erstreckt sich in der Form V1 über die 2. Hälfte des Semesters)	V	0.5	1	Pf				X		X
Elektronikpraktikum (Digitalteil) (Lab Class Digital Electronics) (die Lehrveranstaltung erstreckt sich in der Form P4 über die 2. Hälfte des Semesters)	P	2	4	Pf				X		X
Summe		4.5	8							

6.3 Nebenfach Didaktik der Physik

Für das Nebenfach Physikdidaktik im Rahmen des Bachelorstudiums Physik ist das Modul Physikdidaktik 1 zu belegen. Für das Nebenfach Physikdidaktik im Rahmen des Masterstudiums Physik ist das Modul Physikdidaktik 2 zu belegen, falls im Bachelorstudium Physik bereits Physikdidaktik als Nebenfach gewählt wurde. Anderenfalls ist das Modul Physikdidaktik 1 Pflichtmodul, das Modul Physikdidaktik 2 optional. Die nachfolgenden Modulbeschreibungen gelten ab WS18/19.

DIDA1	Physikdidaktik 1 (Didactics of Physics 1)	CP 13
Kontaktstudium: 120 h	Selbststudium: 270 h	SWS: 8
Inhalte		
Ausgewählte fachdidaktische und methodische Themen wie Schülervorstellungen, Elementarisierung, Modellbildung, Experimentieren und exemplarische Anwendung im Physikunterricht.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Die Teilnehmer erwerben zu den verschiedenen Inhaltsbereichen handlungsrelevantes Wissen, das es ihnen erlaubt, diese Inhalte in die Gestaltung von Lehr-Lern-Umgebungen verantwortungsvoll, reflektiert und im Anschluss an wissenschaftliche Erkenntnisse einzubeziehen. Ferner erlangen sie im Sinne des exemplarischen Lernens Kompetenzen in der Erschließung zukünftig neuer naturwissenschaftsdidaktischer Inhaltsbereiche und ihrer Vernetzung mit bestehenden Wissens- und Kompetenzbereichen.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
keine		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Physik, MSc Physik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	zweisemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Wilhelm	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Seminaren und dem Praktikum	
Leistungsnachweise	keine	
Prüfungsvorleistungen	keine	
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Praktikum, Seminare	
Modulprüfung		
kumulative Modulprüfung		
bestehend aus:	Klausur (45–120 Min.) in LV1 und LV2, Protokolle und Ausarbeitung in LV3, Hausarbeit oder Präsentation und Ausarbeitung in LV4	

Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:	nach CP gewichtetes, arithmetisches Mittel der Einzelnoten									
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Physikdidaktik für L3 (Introduction to Didactics of Physics for L3)	V	2	3	Pf	X		X		X	
Fachdidaktische Vertiefung der klassischen Physik (Didactics of Classical Physics)	S	2	2	Pf		X		X		X
Physikalisches Praktikum Optik L2 (Lab Class Optics L2)	P	3	5	Pf		X		X		X
Physikdidaktische Wahlpflichtveranstaltung (Required Elective Course Didactics of Physics)	S	2	3	Pf		X	X	X	X	X
Summe		9	13							

DIDA2	Physikdidaktik 2 (Didactics of Physics 2)				CP 14						
Kontaktstudium: 135 h		Selbststudium: 285 h		SWS: 9							
Inhalte											
Vertiefung des Inhalts des Moduls Physikdidaktik 1											
Lernergebnisse/Kompetenzziele											
Vertiefung der Ziele des Moduls Physikdidaktik 1											
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls											
erfolgreicher Abschluss des Moduls <i>Physikdidaktik 1</i>											
Empfohlene Vorkenntnisse											
Inhalte des Moduls <i>Physikdidaktik 1</i>											
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)		BSc Physik / FB Physik									
Verwendbarkeit		BSc Physik, MSc Physik									
Häufigkeit des Angebots		jährlich									
Dauer		zweisemestrig									
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter		Korneck									
Unterrichts- / Prüfungssprache		Deutsch									
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen											
Teilnahmenachweise		regelmäßige Teilnahme an Seminar und Praktikum									
Leistungsnachweise		keine									
Prüfungsvorleistungen		keine									
Lehr- / Lernformen		Vorlesung, Praktikum, Seminar									
Modulprüfung											
kumulative Modulprüfung		Hausarbeit oder Präsentation und Ausarbeitung in LV2 und LV3 nach CP gewichtetes, arithmetisches Mittel der Einzelnoten									
bestehend aus:											
Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:											
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
						1	2	3	4	5	6
Fachdidaktische Vertiefung der Modernen Physik (Didactics of Modern Physics)		V	2	3	Pf				X		X
Methodik des Physikunterrichts (Methods for School Physics)		S	3	4	Pf			X		X	
Praktikum Experimentelle Demonstrationen (Lab Class Demonstration Experiments)		P	4	7	Pf			X	X	X	X
Summe			9	14							

7 Exportmodule für Nebenfach Physik in anderen Studiengängen

Für alle nachfolgenden Module gelten bezüglich Studiennachweisen, Prüfungsvorleistungen, Anmelde- und Rücktrittsfristen, Prüfungszeiträumen und Prüfungswiederholungen die Regelungen der zum Zeitpunkt des Absolvierens des Moduls gültigen Ordnung des Bachelorstudiengangs Physik, sofern nicht in den Modulbeschreibungen dieses Abschnitts ausdrücklich anders ausgewiesen.

7.1 Vorlesungen

NFPHY-VA1	Einführung in die Physik A1 für Nebenfachstudierende (Introduction to Physics A1 for Minors)	CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4
Inhalte		
<p>Mechanik: Grundbegriffe der Physik, Bezugssysteme, Bewegung von Punkten, Newton'sche Axiome, Impuls, Reibungskräfte, Gravitation, Arbeit, Leistung und Energie, Stoßgesetze, Schwingungen, Drehbewegungen</p> <p>Thermodynamik: Hauptsätze, Carnot-Maschine, Wirkungsgrad, Zustandsgrößen, Phasen und Phasenübergänge, Wärmeleitung, Diffusion, ideales Gas, barometrische Höhenformel, van-der-Waals-Gas, Wärme als Teilchenbewegung, Freiheitsgrade, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Wahrscheinlichkeit und Entropie</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Die Mechanik ist eine grundlegende Teildisziplin der Physik und wirkt mit ihren Grundbegriffen und Prinzipien in jedes andere Teilgebiet der Physik hinein. In der Thermodynamik werden Begriffe für die Beschreibung von Zuständen und Zustandsänderungen makroskopischer Systeme entwickelt, die dann mit den mikroskopischen Eigenschaften der Systeme (Bewegungen und Wechselwirkungen der Teilchen) in Verbindung gebracht werden. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen angewendet. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, entsprechende Problemstellungen selbständig zu analysieren und zu lösen.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		
keine		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Geowissenschaften, BSc Geographie, BSc Informatik	
Häufigkeit des Angebots	jährlich	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Tutsch	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
Leistungsnachweise	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder erfolgreiche Teilnahme an Tests	

Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung									
Modulprüfung										
Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus:	Klausur (120 Min.)									
Organisatorische Hinweise										
Die Organisation der Übung erfolgt online über OLAT. Zur Klausur ist eine Anmeldung erforderlich. Der Klausurtermin wird im LSF und durch Aushang am Prüfungsamt des FB Physik bekanntgegeben. Die Anmeldung zur Klausur erfolgt online über QIS. Die Anmeldefrist endet eine Woche vor dem Klausurtermin, die Rücktrittsfrist endet einen Tag vor dem Klausurtermin.										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Physik A1 (Introduction to Physics A1)	V+Ü	3+1	6	Pf	X		X		X	
Summe		4	6							

NFPHY-VA1S	Einführung in die Physik A1 für Nebenfachstudierende, Abschluss mit Studienleistung (Introduction to Physics A1 for Minors, Completion with Course Achievement)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
<p>Mechanik: Grundbegriffe der Physik, Bezugssysteme, Bewegung von Punkten, Newton'sche Axiome, Impuls, Reibungskräfte, Gravitation, Arbeit, Leistung und Energie, Stoßgesetze, Schwingungen, Drehbewegungen</p> <p>Thermodynamik: Hauptsätze, Carnot-Maschine, Wirkungsgrad, Zustandsgrößen, Phasen und Phasenübergänge, Wärmeleitung, Diffusion, ideales Gas, barometrische Höhenformel, van-der-Waals-Gas, Wärme als Teilchenbewegung, Freiheitsgrade, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Wahrscheinlichkeit und Entropie</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Die Mechanik ist eine grundlegende Teildisziplin der Physik und wirkt mit ihren Grundbegriffen und Prinzipien in jedes andere Teilgebiet der Physik hinein. In der Thermodynamik werden Begriffe für die Beschreibung von Zuständen und Zustandsänderungen makroskopischer Systeme entwickelt, die dann mit den mikroskopischen Eigenschaften der Systeme (Bewegungen und Wechselwirkungen der Teilchen) in Verbindung gebracht werden. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen angewendet. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, entsprechende Problemstellungen selbstständig zu analysieren und zu lösen.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
keine			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Biochemie, BSc Chemie		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Tutsch		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder erfolgreiche Teilnahme an Tests, Bestehen einer Klausur (120 Min.)		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			
keine			
Organisatorische Hinweise			

Die Organisation der Übung erfolgt online über OLAT.
 Zur Klausur ist eine Anmeldung erforderlich. Der Klausurtermin wird im LSF und durch Aushang am Prüfungsamt des FB Physik bekanntgegeben. Die Anmeldung zur Klausur erfolgt online über QIS. Die Anmeldefrist endet eine Woche vor dem Klausurtermin, die Rücktrittsfrist endet einen Tag vor dem Klausurtermin.

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Physik A1 (Introduction to Physics A1)	V+Ü	3+1	6	Pf	X		X		X	
Summe		4	6							

NFPHY-VA2	Einführung in die Physik A2 für Nebenfachstudierende (Introduction to Physics A2 for Minors)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
<p>Elektrodynamik: Coulomb-Gesetz, elektrisches Feld, Potential, Spannung, Arbeit, Leistung, Materie im E-Feld, Kapazität, Energie des E-Felds, Strom, Widerstand, Magnetfeld, Biot-Savart'sches Gesetz, Materie im B-Feld, magnetische Kraft, Hall-Effekt, Faraday'sches Induktionsgesetz, Induktivität, Energie des B-Felds, Elektromotor, Generator, Transformator, Wechselstromkreise, Maxwell-Gleichungen, elektromagnetische Wellen</p> <p>Optik: Reflexions- und Brechungsgesetz, Linsentypen, Linsenschleiferformel, Abbildungsgleichung, optische Instrumente (insbesondere Teleskop und Mikroskop), Dispersion, Huygens'sches Prinzip, Beugung und Interferenz, Auflösung von Teleskop und Mikroskop, Kohärenz, Polarisation</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Kenntnisse der Elektrodynamik sind unerlässlich, um die maßgeblich von elektrischen und magnetischen Kräften geprägten Eigenschaften von Materie zu verstehen. Die Optik befasst sich mit der Ausbreitung von Wellen (insbesondere von elektromagnetischen Wellen) und deren Wechselwirkung mit Materie. In der Vorlesung steht dabei das Verständnis von Abbildungsprozessen im Vordergrund. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen angewendet. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, entsprechende Problemstellungen selbständig zu analysieren und zu lösen.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt des Moduls NFPHY-VA1			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Geowissenschaften, BSc Informatik		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Tutsch		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder erfolgreiche Teilnahme an Tests		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			
Modulabschlussprüfung, benotet			
bestehend aus:	Klausur (120 Min.)		
Organisatorische Hinweise			

Die Organisation der Übung erfolgt online über OLAT.
 Zur Klausur ist eine Anmeldung erforderlich. Der Klausurtermin wird im LSF und durch Aushang am Prüfungsamt des FB Physik bekanntgegeben. Die Anmeldung zur Klausur erfolgt online über QIS. Die Anmeldefrist endet eine Woche vor dem Klausurtermin, die Rücktrittsfrist endet einen Tag vor dem Klausurtermin.

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Physik A2 (Introduction to Physics A2)	V+Ü	3+1	6	Pf		X		X		X
Summe		4	6							

NFPHY-VA2S	Einführung in die Physik A2 für Nebenfachstudierende, Abschluss mit Studienleistung (Introduction to Physics A2 for Minors, Completion with Course Achievement)		CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4	
Inhalte			
<p>Elektrodynamik: Coulomb-Gesetz, elektrisches Feld, Potential, Spannung, Arbeit, Leistung, Materie im E-Feld, Kapazität, Energie des E-Felds, Strom, Widerstand, Magnetfeld, Biot-Savart'sches Gesetz, Materie im B-Feld, magnetische Kraft, Hall-Effekt, Faraday'sches Induktionsgesetz, Induktivität, Energie des B-Felds, Elektromotor, Generator, Transformator, Wechselstromkreise, Maxwell-Gleichungen, elektromagnetische Wellen</p> <p>Optik: Reflexions- und Brechungsgesetz, Linsentypen, Linsenschleiferformel, Abbildungsgleichung, optische Instrumente (insbesondere Teleskop und Mikroskop), Dispersion, Huygens'sches Prinzip, Beugung und Interferenz, Auflösung von Teleskop und Mikroskop, Kohärenz, Polarisation</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
<p>Kenntnisse der Elektrodynamik sind unerlässlich, um die maßgeblich von elektrischen und magnetischen Kräften geprägten Eigenschaften von Materie zu verstehen. Die Optik befasst sich mit der Ausbreitung von Wellen (insbesondere von elektromagnetischen Wellen) und deren Wechselwirkung mit Materie. In der Vorlesung steht dabei das Verständnis von Abbildungsprozessen im Vordergrund. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen angewendet. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, entsprechende Problemstellungen selbständig zu analysieren und zu lösen.</p>			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt des Moduls NFPHY-VA1			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Biochemie, BSc Chemie		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Tutsch		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder erfolgreiche Teilnahme an Tests, Bestehen einer Klausur (120 Min.)		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			
keine			
Organisatorische Hinweise			

Die Organisation der Übung erfolgt online über OLAT.
 Zur Klausur ist eine Anmeldung erforderlich. Der Klausurtermin wird im LSF und durch Aushang am Prüfungsamt des FB Physik bekanntgegeben. Die Anmeldung zur Klausur erfolgt online über QIS. Die Anmeldefrist endet eine Woche vor dem Klausurtermin, die Rücktrittsfrist endet einen Tag vor dem Klausurtermin.

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Physik A2 (Introduction to Physics A2)	V+Ü	3+1	6	Pf		X		X		X
Summe		4	6							

NFPHY-VB1	Einführung in die Physik B1 für Nebenfachstudierende (Introduction to Physics B1 for Minors)	CP 5
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 90 h	SWS: 4
Inhalte		
<p><i>Mechanik:</i> Grundlagen der Physik, Basiseinheiten, physikalische Größen, Messfehler, Fehlerfortpflanzung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Trägheitsprinzip, Aktionsprinzip, Kraft, Reaktionsprinzip, senkrechter, horizontaler und schräger Wurf, Gravitation, Hookesches Gesetz, Fallbeschleunigung, Reibung, Luftwiderstand, Arbeit, schiefe Ebene, potentielle Energie im Schwerfeld, kinetische Energie, Energieerhaltung, Leistung, Impuls, Impulserhaltung, Stoßgesetze, elastischer Stoß, inelastischer Stoß, Drehmoment, Trägheitsmoment, Rotationsenergie, Drehimpuls, Pendelbewegung, Verformung von Körpern, Elastizität, Druck, Pascalsches Prinzip, Druckmessung, hydraulischer Druck, hydraulisches Paradoxon, barometrische Höhenformel, Auftrieb, Archimedisches Prinzip, Dichtebestimmung, Oberflächenspannung, Kohäsion und Adhäsion, Oberflächenspannung, Kapillarkräfte, Strömung, Gleichung von Bernoulli, Viskosität, Stokes Reibung, laminare Strömung, Gesetz von Hagen-Poiseuille, turbulente Strömung, Reynoldszahl</p> <p><i>Thermodynamik:</i> Temperatur, Temperaturmessung, Zustandsgrößen, Normvolumen, kinetisches Gasmodell, Maxwell-Boltzmann Verteilung, mittlere Molekülgeschwindigkeit, ideale Gase, Gesetz von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac, Isotherme, Isobare, Isochore, reale Gase, Van-der-Waals Gleichung, Phasenübergang, fest, flüssig, gasförmig, Plasma, kritischer Punkt, Phasendiagramme, überkritisches Fluid, Dampfdruckkurve, Tripelpunkt, Partialdruck, Wärme, spezifische und molare Wärmekapazität, thermisches Gleichgewicht, latente Wärme, Schmelzwärme, Verdampfungswärme, molekulare Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung, Thermografie, Plankstrahlung, Stefan-Boltzmann Konstante, Wiensches Verschiebungsgesetz, erster Hauptsatz der Wärmelehre, innere Energie, Volumenarbeit, reversible und irreversible Prozesse, Wärmekapazität bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen, kinetische Freiheitsgrade, Gleichverteilungssatz, Regel von Dulong-Petit, adiabatische Zustandsänderung, Entropie, zweiter Hauptsatz der Wärmelehre, Wärmekraftmaschinen, Wirkungsgrad, Carnot-Prozess, Kältemaschinen und Wärmepumpen</p>		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
<p>Da die Studierenden des ersten Semesters einen sehr heterogenen Bildungshintergrund haben, beginnt die Vorlesung der Mechanik mit den Grundlagen der Physik und entwickelt daraus — durchgehend veranschaulicht durch Demonstrationsexperimente — Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Mechanik und der allgemeinen Physik. Die Studierenden lernen mit vektoriellen Größen zu operieren und einfache Bewegungsvorgänge zu analysieren. Mit diesen einfachen Begriffen werden dann verschiedene mechanische Erhaltungssätze behandelt. Schließlich werden Druck und Strömung und damit zusammenhängende Phänomene in festen, flüssigen und gasförmigen Systemen diskutiert. Im zweiten Teil der Vorlesung werden die Grundlagen der Thermodynamik vorgestellt. Dieser Teil der Vorlesung macht vom Modellsystem des idealen Gases Gebrauch. Die Temperatur wird als Maß für die mittlere kinetische Energie der Teilchen eingeführt, es werden Methoden zur Messung von Temperatur und Druck gezeigt und verschiedene Arten von Zustandsänderungen und Kreisprozessen diskutiert und vorgeführt. Vom Modellsystem des idealen Gases zu realen Gasen übergehend, werden grundsätzliche Aspekte von Phasenumwandlungen herausgearbeitet. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung einer quantitativen Betrachtung. Darüber hinaus werden in den Übungen auch die “Soft Skills” des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt.</p>		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		

NFPHY-VB2	Einführung in die Physik B2 für Nebenfachstudierende (Introduction to Physics B2 for Minors)		CP 5
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 90 h	SWS: 4	
Inhalte			
<p><i>Elektrodynamik:</i> Coulombsches Gesetz, Elektrisches Feld, Bewegung einer Punktladung im E-Feld, Potential und Potentialdifferenz, Potentielle Energie, Kapazität, Dielektrika und elektrostatische Energie, Grundgleichungen der Elektrostatik, Faraday-Käfig, Strom und Magnetfeld, Widerstand und Ohmsches Gesetz, Energie und Leistung des Stroms, Magnetisches Feld, Lorentz-Kraft, Bewegung von Ladungsträgern im E- und B-Feld, Hall-Effekt, Induktionsgesetz, Grundgleichungen der Magnetostatik, Motoren und Generatoren, Magnetismus: Para-, Dia-, Ferro-Magnetismus, Transformator, Wechselstromkreise, Schwingkreis, Maxwell-Gleichung, Elektromagnetische Wellen.</p> <p><i>Optik:</i> Dualismus des Lichtes, Elektromagnetische Welle, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz, Totalreflexion, Dispersion, Linsen und Abbildungsgleichung, Optische Instrumente: Lupe, Fernrohr, Mikroskop, Interferenz und Beugung, Kohärenz, Michelson-Interferometer, Auflösung des Mikroskops (Abbe), Unschärferelation (Heisenberg), Polarisierung, Strahlungsgesetze.</p>			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Die Studierenden lernen Konzepte und Inhalte der klassischen Physik kennen und können selbst fachliche Fragen entwickeln. Sie erlangen praktische Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit experimentellen Aufgabenstellungen der klassischen Physik und erlernen die Sorgfältigkeit des wissenschaftlichen Arbeitens. Sie können kleine fachwissenschaftliche Texte verfassen.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
keine			
Empfohlene Vorkenntnisse			
keine			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Biowissenschaften		
Häufigkeit des Angebots	jährlich		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Podlech		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
Leistungsnachweise	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und exemplarisches Vorrechnen der Lösung zu einer der Übungsaufgaben an der Tafel		
Prüfungsvorleistungen	Erbringen aller Leistungsnachweise		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung		
Modulprüfung			
Modulabschlussprüfung, benotet			

bestehend aus:		Klausur (90 Min.)								
		Besondere Hinweise: Eine Notenverbesserung ist in der jeweils nächsten Klausur einmal möglich.								
Organisatorische Hinweise										
Die Organisation der Übung erfolgt online über OLAT. Zur Klausur ist eine Anmeldung erforderlich. Der Klausurtermin wird im LSF und durch Aushang am Prüfungsamt des FB Physik bekanntgegeben. Die Anmeldung zur Klausur erfolgt online über QIS. Die Anmeldefrist endet eine Woche vor dem Prüfungstermin, die Rücktrittsfrist endet einen Tag vor dem Prüfungstermin.										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Physik B2 (Introduction to Physics B2)	V+Ü	3+1	5	Pf		X		X		X
Summe		4	5							

7.2 Praktika

NFPHY-PA1	Physikalisches Praktikum A1 für Nebenfachstudierende (Physics Lab Class A1 for Minors)	CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4
Inhalte		
Studierende führen Versuche unter Anleitung aus den Gebieten Mechanik, Thermodynamik und Optik durch. Die Versuche und ihre Ergebnisse müssen im Protokoll beschrieben, analysiert und diskutiert werden.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Im Praktikum erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Dabei sollen die Studierenden in der Lage sein, Versuche zur Mechanik, Wärmelehre und Optik zu verstehen, durchzuführen und zu protokollieren. Sie sollen Erfahrungen im Umgang mit Messgeräten gewinnen. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten durch Erlernen der quantitativen Fehlerrechnung.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
Für die Aufnahme in das Praktikum ist die Zulassung zu einer der Klausuren der Module NFPHY-VA1 oder NFPHY-VA2 erforderlich.		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt des Moduls NFPHY-VA1 (bzw. NFPHY-VA1S)		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Informatik	
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Krellner	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
Leistungsnachweise	Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
Lehr- / Lernformen	Praktikum	
Modulprüfung		
keine		
Organisatorische Hinweise		

Die Anmeldung zum Praktikum erfolgt online über das LSF. Für alle weiteren Informationen siehe ebenfalls den LSF-Eintrag des Praktikums.

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physikalisches Praktikum A1 (Physics Lab Class A1)	P	4	6	Pf		X	X	X	X	X
Summe		4	6							

NFPHY-PA2	Physikalisches Praktikum A2 für Nebenfachstudierende (Physics Lab Class A2 for Minors)	CP 6
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 120 h	SWS: 4
Inhalte		
Studierende führen Versuche unter Anleitung aus dem Gebiet Elektrizitätslehre durch. Die Versuche und ihre Ergebnisse müssen im Protokoll beschrieben, analysiert und diskutiert werden.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Im Praktikum erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Dabei sollen die Studierenden in der Lage sein, Versuche zur Elektrizitätslehre zu verstehen, durchzuführen und zu protokollieren. Sie sollen Erfahrungen im Umgang mit Messgeräten gewinnen. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten durch Erlernen der quantitativen Fehlerrechnung.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
Für die Aufnahme in das Praktikum ist die Zulassung zu einer der Klausuren der Module NFPHY-VA1 oder NFPHY-VA2 erforderlich.		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt des Moduls NFPHY-VA2 (bzw. NFPHY-VA2S)		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Informatik	
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester	
Dauer	einsemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Jacoby	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
Leistungsnachweise	Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
Lehr- / Lernformen	Praktikum	
Modulprüfung		
keine		
Organisatorische Hinweise		

Die Anmeldung zum Praktikum erfolgt online über das LSF. Für alle weiteren Informationen siehe ebenfalls den LSF-Eintrag des Praktikums.

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physikalisches Praktikum A2 (Physics Lab Class A2)	P	4	6	Pf			X	X	X	X
Summe		4	6							

NFPHY-PB	Physikalisches Praktikum B für Nebenfachstudierende (Physics Lab Class B for Minors)	CP 6
Kontaktstudium: 90 h	Selbststudium: 90 h	SWS: 6
Inhalte		
<i>Physikalisches Praktikum B1:</i> Im Praktikum werden ausgewählte Versuche aus den Bereichen Mechanik, Thermodynamik und Optik durchgeführt.		
<i>Physikalisches Praktikum B2:</i> Im Praktikum werden ausgewählte Versuche aus dem Bereich Elektrodynamik durchgeführt.		
Lernergebnisse/Kompetenzziele		
Im Praktikum erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin.		
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls		
Für die Aufnahme in das Praktikum ist die Zulassung zu einer der Klausuren der Module NFPHY-VB1 oder NFPHY-VB2 erforderlich.		
Empfohlene Vorkenntnisse		
Inhalt des Moduls NFPHY-VB1 für das Praktikum 1, Inhalt des Moduls NFPHY-VB2 für das Praktikum 2		
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik	
Verwendbarkeit	BSc Biowissenschaften	
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester	
Dauer	zweisemestrig	
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Jacoby	
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch	
Studiennachweise		
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
Leistungsnachweise	Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
Lehr- / Lernformen	Praktikum	
Modulprüfung		
keine		
Organisatorische Hinweise		

Die Anmeldung zum Praktikum erfolgt online über das LSF. Für alle weiteren Informationen siehe ebenfalls den LSF-Eintrag des Praktikums.

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physikalisches Praktikum B1 (Physics Lab Class B1)	P	3	3	Pf		X	X	X	X	X
Physikalisches Praktikum B2 (Physics Lab Class B2)	P	3	3	Pf			X	X	X	X
Summe		6	6							

NFPHY-PC	Physikalisches Praktikum C für Nebenfachstudierende (Physics Lab Class C for Minors)		CP 3
Kontaktstudium: 60 h	Selbststudium: 30 h	SWS: 4	
Inhalte			
Durchführung von Experimenten unter Anleitung aus den Gebieten Mechanik, Thermodynamik, Elektrodynamik und Optik.			
Lernergebnisse/Kompetenzziele			
Im Praktikum wenden die Studierenden durch das selbstständige Experimentieren die in den Vorlesungen vermittelten Grundlagen an und vertiefen dadurch ihre physikalischen Kenntnisse. Dazu gehören sowohl der Aufbau und die Durchführung von Versuchen aus gegebenen Bauteilen nach Anleitung als auch die Auswertung, Darstellung und Analyse der Messungen inklusive Fehlerrechnung. Bei der Auswahl der Versuche können die Interessen bzw. das Fachgebiet der Studierenden berücksichtigt werden. Zur Beschleunigung der Datenaufnahme bzw. der Auswertung werden in vielen Versuchen die Erfassung, Darstellung und Analyse der experimentellen Daten rechnergestützt durchgeführt, was auch der Förderung des physikalischen Verständnisses zugutekommt.			
Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls			
Für die Aufnahme in das Praktikum ist die Zulassung zu einer der Klausuren der Module NFPHY-VA1 oder NFPHY-VA2 erforderlich.			
Empfohlene Vorkenntnisse			
Inhalt des Moduls NFPHY-VA1 (bzw. NFPHY-VA1S)			
Zuordnung (Studiengang/Fachbereich)	BSc Physik / FB Physik		
Verwendbarkeit	BSc Biochemie, BSc Chemie		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Dauer	einsemestrig		
Modulbeauftragte / Modulbeauftragter	Krellner		
Unterrichts- / Prüfungssprache	Deutsch		
Studiennachweise			
Teilnahmenachweise	regelmäßige Teilnahme am Praktikum		
Leistungsnachweise	Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)		
Lehr- / Lernformen	Praktikum		
Modulprüfung			
keine			
Organisatorische Hinweise			

Die Anmeldung zum Praktikum erfolgt online über das LSF. Für alle weiteren Informationen siehe ebenfalls den LSF-Eintrag des Praktikums.

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physikalisches Praktikum C (Physics Lab Class C)	P	4	3	Pf		X	X	X	X	X
Summe		4	3							

Index 1: Modulkürzel

ASTRO1, 271
 ASTRO2, 272
 ASTRO3, 273

 BAP, 30

 DIDA1, 279
 DIDA2, 281

 ELEK-A, 275
 ELEK-D, 277

 IMPRO, 163

 LEMIKRO, 160

 NFPHY-PA1, 294
 NFPHY-PA2, 296
 NFPHY-PB, 298
 NFPHY-PC, 300
 NFPHY-VA1, 282
 NFPHY-VA1S, 284
 NFPHY-VA2, 286
 NFPHY-VA2S, 288
 NFPHY-VB1, 290
 NFPHY-VB2, 292

 PEX1, 16
 PEX2, 17
 PEXF, 18
 PPROG, 25

 SBSC, 29

 VAGN, 56
 VAGR, 49
 VANAEXHEP, 78
 VANAEXHEP2, 79
 VANION, 146
 VART, 45
 VARTC, 51
 VASTBIO, 214
 VASTROKZK, 217
 VASTROTEIL, 53
 VATOM1, 102
 VATOM2, 104
 VATOM3, 106
 VATOMB, 107
 VBCMETH, 156
 VBEP, 118
 VBIOMOLDYN, 154
 VBISD, 150
 VBRAIN, 179
 VCADS, 173

 VCOMPSIG, 142
 VCPPML, 191
 VCPSM, 171
 VCQPBH1, 210
 VCQPBH2, 212
 VDAPA, 223
 VDFT, 241
 VDIGEL, 122
 VDIST, 215
 VDP, 76
 VDRIDE, 235
 VEBP, 165
 VEFRG, 252
 VEHLF1, 185
 VEHLF2, 187
 VELSEN, 120
 VENERGNET, 196
 VENGW, 134
 VENTE, 265
 VETRT, 260
 VEX1A, 4
 VEX1B, 6
 VEX2, 8
 VEX3, 10
 VEX4A, 12
 VEX4B, 14
 VEXFP1, 81
 VEXFP2, 83
 VEXGMAG, 239
 VEXMETH, 100
 VEXNUAS, 133
 VEXPO, 113
 VEXSUP, 85
 VEXTIP, 87
 VEXTRA, 203
 VFKOS, 221
 VFSTATP, 246
 VGALAX, 205
 VGWAV, 225
 VHABAU, 93
 VHEX, 39
 VHIACC, 152
 VHQM, 33
 VHSPANN, 140
 VHSTATP, 169
 VHYDRO, 231
 VHYMAG, 208
 VIQMPT, 175
 VISM, 58
 VKITRA, 250
 VKMFI, 237
 VKMTP, 193

VKOED, 199
VKOSMO, 47
VKPLT, 109
VKRISZ, 95
VKT1, 69
VKT2, 70
VKT3, 72
VKT4, 74
VLASAC, 148
VLASOPT, 91
VLGT, 227
VLINAC, 123
VMAFE, 248
VMALE, 261
VMALE2, 263
VMATH1, 26
VMATH2, 27
VMATH3, 28
VMCM, 177
VMDLEARN, 43
VMSDA, 201
VMUKLA, 144
VNANOEL, 89
VNNASTRO, 48
VNONDIS, 35
VNUMP, 167
VPFEI1, 267
VPFEI2, 269
VPLAHER1, 136
VPLAHER2, 138
VPLANSYS, 219
VPLASMA, 111
VPSOC, 41
VQFT1, 64
VQFT2, 66
VQI, 194
VQMD, 243
VQMPT, 245
VQTLAT, 68
VQTNON, 36
VSELFORG, 189
VSPRACH, 266
VSRT, 183
VSTAFOR, 55
VSTATP, 229
VSTERN, 206
VSTRAMA, 220
VSTUMBPH, 158
VSUPAC, 127
VSYNCR, 125
VTH1, 19
VTH2, 21
VTH3, 22
VTH4, 23
VTH5, 24
VTHASTRO, 207
VThERA, 198
VTHFP1, 97
VTHFP2, 98
VTHKP1, 60
VTHKP2, 62
VTHPLAS, 258
VTHQO, 256
VTHZSPEC, 116
VTQFT, 233
VTRANS, 37
VUKQG, 254
VVAKP1, 129
VVAKP2, 131
VVISY, 181

Index 2: Modultitel

- Abbildungsmethoden der modernen Atomphysik, 107
 Advanced General Relativity, 49
 Advanced Introduction to C++, Scientific Computing and Machine Learning, 191
 AGN Physik, 56
 Allgemeine Relativitätstheorie, 45
 Allgemeine Relativitätstheorie mit dem Computer, 51
 Analogelektronik, 275
 Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik, 78
 Anfängerpraktikum 1, 16
 Anfängerpraktikum 2, 17
 Astrobiologie, 214
 Astronomie I, 271
 Astronomie II, 272
 Astronomie III, 273
 Astrophysikalische Beschreibung von Strahlung und Materie, 220
 Astrophysikalische Koordinatensysteme, Zeitrechnung, Kalenderrechnung, 217
 Astroteilchenphysik, 53
 Atomphysik 1, 102
 Atomphysik 2: Fortgeschrittene Atomphysik, 104
 Atomphysik 3, 106
 Ausgewählte Methoden der experimentellen Festkörperphysik, 100

 Bachelorarbeit, 30
 Bachelorseminar, 29
 Beschleuniger Strahlinstrumentierung und Diagnose, 150
 Bildverarbeitung, 163
 Biochemische Methoden in der Biophysik, 156
 Biomolekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden, 154
 Brain Dynamics: From Neuron to Cortex, 179

 Complex Adaptive Dynamical Systems, 173
 Complex Renewable Energy Networks, 196
 Computational Physics and Simulations in Matlab, 171

 Datenanalyse in Physik und Astronomie, 223
 Density Functional Theory, 241
 Digitale Elektronik, 122
 Digitalelektronik, 277
 Dynamik des Planetensystems, 219

 Einführung in die Beschleunigerphysik, 118
 Einführung in die Biophysik, 165
 Einführung in die Funktionale Renormierungsgruppe, 252
 Einführung in die Physik A1 für Nebenfachstudierende, 282
 Einführung in die Physik A1 für Nebenfachstudierende, Abschluss mit Studienleistung, 284
 Einführung in die Physik A2 für Nebenfachstudierende, 286
 Einführung in die Physik A2 für Nebenfachstudierende, Abschluss mit Studienleistung, 288
 Einführung in die Physik B1 für Nebenfachstudierende, 290
 Einführung in die Physik B2 für Nebenfachstudierende, 292
 Einführung in die Programmierung für Studierende der Physik, 25
 Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik, 64
 Einführung in die Supraleitung, 85
 Einführung in die Terahertz-Spektroskopie, 116
 Einführung in die Theoretische Festkörperphysik, 97
 Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I, 60
 Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik II, 62
 Elektronik und Sensorik, 120
 Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen, 89
 Energietechnik, 265
 Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie 1, 185
 Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie 2, 187
 Experimentalphysik 1a: Mechanik, 4
 Experimentalphysik 1b: Thermodynamik, 6
 Experimentalphysik 2: Elektrodynamik, 8
 Experimentalphysik 3: Optik, Atome und Quanten, 10
 Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen, 12
 Experimentalphysik 4b: Festkörper, 14
 Experimente zur nuklearen Astrophysik, 133
 Experimentelle Festkörperphysik 1, 81
 Experimentelle Festkörperphysik 2, 83
 Experimentelle Tests der Relativitätstheorie, 260
 Experimentelle Tieftemperaturphysik, 87

 Fortgeschrittene Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik, 79
 Fortgeschrittene Kosmologie, 221

- Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie und Quantenchromodynamik, 66
- Fortgeschrittene Statistische Physik: Nichtgleichgewicht, kritische Phänomene und Renormierungsgruppe, 246
- Fortgeschrittenenpraktikum, 18
- Gittereichtheorie, 227
- Gravitationswellen, 225
- Grundlagen der Analytik und Oberflächenmodifizierung mit Ionenstrahlen, 146
- Grundlagen der computergestützten Signalverarbeitung, 142
- Grundlagen der Kristallzüchtung, 95
- Höhere Quantenmechanik, 33
- Höhere Statistische Physik: Vielteilchensysteme im Nicht-Gleichgewicht, 169
- Höhere Experimentalphysik, 39
- Halbleiter- und Bauelementephysik, 93
- Hochintensitätsbeschleuniger und ihre Anwendungen, 152
- Hydrodynamics and Magnetohydrodynamics, 208
- Hydrodynamik und Transporttheorie, 231
- Innere Struktur und Dynamik der Sterne, 206
- Introduction to Machine and Deep Learning and applications in physics and beyond, 43
- Introduction to physical kinetics, transport theory, and disordered systems, 250
- Introduction to Quantum Many-Particle Theory, 175
- Is Quantum Theory Intrinsically Nonlinear?, 36
- Kern- und Teilchenphysik 4, 74
- Kernphysikalische Methoden in Forschung und Industrie, 237
- Konzepte der modernen theoretischen Physik, 193
- Kosmologie, 47
- Kovariante Elektrodynamik und spezielle Relativitätstheorie, 199
- Kurzpulslasertechnologie und Starkfeldionisation von Atomen und Molekülen, 109
- Laser- und Optoelektronik, 91
- Laseranwendungen in der Beschleunigerphysik, 148
- Licht- und Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung, 160
- Linearbeschleuniger, 123
- Magnetismus — Grundlagen, Methoden, Materialien, 239
- Maschinenlern-Verfahren II und ihr Einsatz in KI und Robotik, 263
- Maschinenlern-Verfahren und ihre Anwendung in Mustererkennung, KI und Suchmaschinen-Technologie, 261
- Mathematik für Studierende der Physik 1, 26
- Mathematik für Studierende der Physik 2, 27
- Mathematik für Studierende der Physik 3, 28
- Modern Statistical Data Analysis for Practitioners, 201
- Moderne Experimentelle Optik, 113
- Monte Carlo Methoden in der Statistischen Physik und Feldtheorie, 177
- Musterklassifikation und Signalschätzung, 144
- Nonlinearities and Dissipation in Classical and Quantum Physics, 35
- Nuclear and Neutrino Astrophysics, 48
- Numerische Methoden der Physik, 167
- Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I, 267
- Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation II, 269
- Physik der Energiegewinnung, 134
- Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher I, 210
- Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher II, 212
- Physik der Teilchendetektoren, 76
- Physik sozio-ökonomischer Systeme mit dem Computer, 41
- Physik und Anwendungen der Hochspannungstechnik, 140
- Physik und Chemie des Interstellaren Mediums, 58
- Physik von Driftdetektoren, 235
- Physikalisches Praktikum A1 für Nebenfachstudierende, 294
- Physikalisches Praktikum A2 für Nebenfachstudierende, 296
- Physikalisches Praktikum B für Nebenfachstudierende, 298
- Physikalisches Praktikum C für Nebenfachstudierende, 300
- Physikdidaktik 1, 279
- Physikdidaktik 2, 281
- Plasmaphysik, 111
- Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor I, 136
- Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor II, 138
- Quanteninformation und Ultrakalte Atome, 254
- Quantenwahrscheinlichkeit und Informationsverarbeitung, 194
- Quantum Molecular Dynamics, 243
- Quantum Theory on the Lattice, 68
- Quarkstruktur der Materie, 69
- Ringbeschleuniger und Speicherringe, 125

- Schwache Wechselwirkung und fundamentale Symmetrien, 70
- Self-Organization: Theory and Simulations, 189
- Spezielle Relativitätstheorie, 183
- Sprachakustik und Sprachsignalverarbeitung, 266
- Starke Kernkraft und Kernmodelle, 72
- Statistische Physik und kritische Phänomene, 229
- Stern- und Planetenentstehung, 55
- Strahlen- und Umweltbiophysik, 158
- Struktur und Dynamik der Galaxis, 205
- Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme, 203
- Supraleitung in der Beschleuniger- und Fusions-technologie, 127
- Theoretische Astrophysik, 207
- Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik, 19
- Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik, 21
- Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik, 22
- Theoretische Physik 4: Quantenmechanik, 23
- Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik, 24
- Theoretische Plasmaphysik, 258
- Theoretische Quantenoptik, 256
- Theorie des Magnetismus, der Supraleitung und der elektronischen Korrelationen, 98
- Theorie starker Magnetfelder in der Festkörperphysik, 248
- Thermische Quantenfeldtheorie , 233
- Thermodynamik im Alltag, 198
- Transporttheorie, 37
- Vakuumphysik I, 129
- Vakuumphysik II, 131
- Verteilungsfunktionen in der Astrophysik, 215
- Vielteilchenphysik, 245
- Visual System – Neural Structure, Dynamics, and Function, 181