

Modulkatalog Gaststudium

128 Physik

PO-Version 2020

Inhaltsverzeichnis

PAFBE111	Grundkurs Experimentalphysik I - Mechanik/Wärmelehre	6
PAFBE211	Grundkurs Experimentalphysik II - Elektrodynamik, Optik	8
PAFBE311	Atome und Moleküle I	10
PAFBE411	Optik und Wellen	12
PAFBE511	Festkörper	13
PAFBP111	Grundpraktikum Experimentalphysik I	15
PAFBP211	Grundpraktikum Experimentalphysik II	17
PAFBP311	Grundpraktikum Experimentalphysik III	19
PAFBP511	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum I	21
PAFBP611	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum II	23
PAFBT211	Theoretische Mechanik	25
PAFBT311	Elektrodynamik	26
PAFBT411	Quantentheorie	27
PAFBT511	Thermodynamik und Statistische Physik	28
PAFBU111	Mathematische Methoden der Physik	30
PAFBU311	Computational Physics I	32
PAFBU611	Seminar	34
PAFBX211	Mathematische Methoden der Physik II	35
PAFBX311	Mathematische Methoden der Physik III	37
PAFBX411	Computational Physics II	38
PAFBX421	Methoden der modernen Messtechnik	39
PAFBX431	Einführung in die Elektronik	41
PAFBX511	Einführung in die Astronomie	42
PAFBX521	Relativistische Physik	44
PAFBX531	Elektronikpraktikum	46
PAFBX541	Grundlagen der Photonik	47
PAFBX611	Kerne und Teilchen	49
PAFBX621	Atome und Moleküle II	51
PAFBX641	Technische Thermodynamik und Physik erneuerbarer Energien	52
PAFBX642	Einführung in die Biophysik	54
PAFBX643	Aktuelle Themen der Biophysik	55

PAFMA001	Physik der Sterne	56
PAFMA002	Astronomische Beobachtungstechnik	58
PAFMA003	Himmelsmechanik	60
PAFMA004	Astronomisches Praktikum	62
PAFMA005	Physik der Planetensysteme	63
PAFMA006	Terra-Astronomie	65
PAFMA007	Neutronensterne	67
PAFMA008	Laborastrophysik	68
PAFMA010	Einführung in die Radioastronomie	70
PAFMA011	Das Sonnensystem	72
PAFMA012	Astronomische Spektroskopie	74
PAFMA014	Kosmologie	76
PAFMA015	Historische Astronomie	78
PAFMA016	Extragalaktik	79
PAFMA098	Aktuelle Forschung in der Astronomie	81
PAFMA099	Aktuelle Forschung in der Astrophysik	82
PAFMF001	Theoretische Festkörperphysik	83
PAFMF002	Theorie der Elektronenstruktur	85
PAFMF003	Solid State Optics	86
PAFMF006	Supraleitung	87
PAFMF007	Vakuum- und Dünnschichtphysik	89
PAFMF009	Optoelektronik	91
PAFMF010	Festkörpermodifikation mit Ionenstrahlen	92
PAFMF011	Optische Eigenschaften von Festkörpern und Festkörperschichten	93
PAFMF015	Nukleare Festkörperphysik	95
PAFMF016	Nanomaterialien und Nanotechnologie	96
PAFMF017	Halbleiterphysik	97
PAFMF018	Quanteninformationstheorie	98
PAFMF019	Einführung in die Materialwissenschaft für Physiker	100
PAFMF020	Oberflächenphysik	101
PAFMF021	Zweidimensionale Materialien	102
PAFMF098	Vertiefung Festkörperphysik I	103
PAFMF099	Vertiefung Festkörperphysik II	104
PAFMO100	Beschleunigerbasierte moderne Physik	105
PAFMO101	Active Photonic Devices	106
PAFMO102	Analytical Instrumentations	107
PAFMO103	Applied Laser Technology I	109
PAFMO104	Applied Laser Technology II	111
PAFMO106	Atomic Physics at High Field Strengths	112
PAFMO107	Attosecond Laser Physics	114

PAFMO120	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation	115
PAFMO121	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation	117
PAFMO122	Biophotonics	119
PAFMO130	Computational Photonics	121
PAFMO131	Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter	122
PAFMO132	Design and Correction of Optical Systems	124
PAFMO140	Diffraction Optics	125
PAFMO150	Erneuerbare Energien	126
PAFMO151	Experimental Nonlinear Optics	127
PAFMO160	Fiber Optics	128
PAFMO165	Grundlagen der Laserphysik	129
PAFMO170	High-Intensity/Relativistic Optics	131
PAFMO171	Geschichte der Optik	132
PAFMO180	Image Processing	133
PAFMO181	Image Processing in Microscopy	134
PAFMO182	Imaging and Aberration Theory	136
PAFMO183	Introduction to Nanooptics	137
PAFMO200	Laser Driven Radiation Sources	139
PAFMO201	Laser Engineering	140
PAFMO203	Lens Design I	142
PAFMO204	Lens Design II	143
PAFMO205	Light Microscopy	144
PAFMO206	Light Source Modeling	145
PAFMO220	Micro/Nanotechnology	147
PAFMO221	Microscopy	148
PAFMO222	Moderne Methoden der Spektroskopie	149
PAFMO230	Nano Engineering	150
PAFMO231	Nonlinear Dynamics in Optical Systems	152
PAFMO242	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids	153
PAFMO250	Particles in Strong Electromagnetic Fields	154
PAFMO251	Physical Optics Design	156
PAFMO252	Physical Optics Modeling	158
PAFMO253	Physics of Free-Electron Laser	160
PAFMO254	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation	161
PAFMO255	Plasma Physics	162
PAFMO256	Photovoltaik	164
PAFMO257	Physical Optics	165
PAFMO260	Quantum Optics	167
PAFMO265	Semiconductor Nanomaterials	169
PAFMO266	Strong-Field Laser Physics	171

PAFMO270	Theory of Nonlinear Optics	172
PAFMO271	Thin Film Optics	173
PAFMO272	Terahertz Technology	175
PAFMO280	Ultrafast Optics	177
PAFMO290	XUV and X-Ray Optics	179
PAFMO901	Topics of Current Research I	180
PAFMO902	Topics of Current Research II	181
PAFMO903	Topics of Current Research III	182
PAFMO904	Topics of Current Research IV	183
PAFMP001	Fortgeschrittene Quantentheorie	184
PAFMP002	Physikalisches Experimentieren	185
PAFMP003	Oberseminar Gravitations- und Quantentheorie	186
PAFMP004	Oberseminar Festkörperphysik/Materialwissenschaft	187
PAFMP005	Oberseminar Astronomie/Astrophysik	189
PAFMP006	Oberseminar Optik	191
PAFMP090	Einführung in wissenschaftliches Arbeiten	192
PAFMP091	Projektplanung zur Masterarbeit	193
PAFMT001	Allgemeine Relativitätstheorie	194
PAFMT002	Teilchen und Felder	196
PAFMT003	Quantenfeldtheorie	198
PAFMT010	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	200
PAFMT011	Einführung in Stringtheorie und AdS/CFT	201
PAFMT012	Das Standardmodell der Teilchenphysik	202
PAFMT013	Eichtheorien	204
PAFMT014	Quantenfeldtheorien auf dem Gitter	205
PAFMT015	Quantenphysik mit dem Rechner	207
PAFMT016	Symmetrien in der Physik	209
PAFMT017	Theoretische Atomphysik	211
PAFMT018	Physik des Quantenvakuums in starken Feldern	213
PAFMT019	Supersymmetrie	214
PAFMT020	Physik der Skalen - Die Renormierungsgruppe	216
PAFMT099	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantenfeldtheorie I	217
PAFMT200	Numerische Relativitätstheorie	218
PAFMT201	Gravitationswellen	220
PAFMT202	Computational Physics III	222
PAFMT203	Magnetohydrodynamik	224
PAFMT204	Relativistische Astrophysik	226
PAFMT205	Solitonen	228
PAFMT206	Computational Physics IV	230
PAFMT299	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie II	231

PAFMT300	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie III	232
PAFMT301	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie IV	234
PAFWW006	Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen	235
PAFWW008	Biomaterialien und Medizintechnik	236
PAFWW027	Phasenfeldtheorie	238
	Abkürzungen	240

Hinweis : Hinweis: Prüfungen, den Prüfungen zugeordnete Lehrveranstaltungen sowie Prüfungstermine können in Friedolin unter dem Menüpunkt "Modulkataloge" eingesehen werden. Nach Login wählen Sie dazu bitte Abschluss, Studiengang und Modul. Unmittelbar eingearbeitete Änderungen werden dort zeitnah dargestellt.

Modul PAFBE111 Grundkurs Experimentalphysik I - Mechanik/Wärmelehre	
Modulcode	PAFBE111
Modultitel (deutsch)	Grundkurs Experimentalphysik I - Mechanik/Wärmelehre
Modultitel (englisch)	Basic Course Experimental Physics I (mechanics, thermodynamics)
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza; Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Der Besuch des Mathematik-Vorkurses wird empfohlen.
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Pflichtmodul LAG/LAR Physik Pflichtmodul (Anwendungsfach Physik) im B.Sc. Angewandte Informatik Pflichtmodul (Nebenfach Physik) im B.Sc. Mathematik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im B.Sc. Informatik Wahlpflichtmodul B.Sc. Geowissenschaften
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	Newtonsche Mechanik; Energie- und Impulserhaltung; Drehbewegungen, Drehimpuls; Mechanik deformierbarer Körper; Schwingungen und Wellen; Relativbewegungen, spezielle Relativitätstheorie, Wärmelehre: Temperatur, kinetische Gastheorie; reale Gase, Hauptsätze der Thermodynamik
Lern- und Qualifikationsziele	- Grundlegende Kenntnisse der Experimentalphysik aus den Bereichen Mechanik, Relativitätstheorie und Wärmelehre - Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (30-60 min) am Ende des Semesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht im Lehramtsstudium nicht in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Experimentalphysik: z.B.: Feynman, Bergmann-Schäfer, Demtröder, Gerthsen, Dransfeld, Halliday, Pohl, etc.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBE211 Grundkurs Experimentalphysik II - Elektrodynamik, Optik	
Modulcode	PAFBE211
Modultitel (deutsch)	Grundkurs Experimentalphysik II - Elektrodynamik, Optik
Modultitel (englisch)	Basic Course Experimental Physics II (electrodynamics, optics)
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus; Prof. Dr. M. C. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Pflichtmodull LAG/LAR Physik Pflichtmodul (Anwendungsfach Physik) B.Sc. Angewandte Informatik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) B.Sc und M.Sc. Informatik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) B.Sc. und M.Sc. Mathematik Wahlpflichtmodul B.Sc. Geowissenschaften
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	Elektrostatik, Stationäre Ströme, Permanentmagnete, Magnetfeld stationärer Ströme, Kraftwirkungen, Elektromagnetische Induktion, Materie im Magnetfeld, Maxwellsche Gleichungen, Wechselstrom, Ladungstransportprozesse, Optisches Strahlungsfeld, Geometrische Optik, Polarisation
Lern- und Qualifikationsziele	- Grundlegende Kenntnisse der Experimentalphysik, insbesondere Elektrodynamik und geometrische Optik - Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (30-60 min) am Ende des Semesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht im Lehramtsstudium in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Experimentalphysik: z. B.: Tipler, Bergmann-Schäfer, Demtröder, Gerthsen, Dransfeld, Giancoli, Halliday, etc.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBE311 Atome und Moleküle I	
Modulcode	PAFBE311
Modultitel (deutsch)	Atome und Moleküle I
Modultitel (englisch)	Atomic and Molecular Physics I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Nolte
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Grundkurs Experimentalphysik I, Modul Grundkurs Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Module Grundkurs Physik der Materie I, Fortgeschrittenenpraktikum für Lehramtsstudenten, Physik der Materie III
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im M.Sc. Informatik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im M.Sc. Mathematik Wahlpflichtmodul M.Sc. Geowissenschaften (transdisziplinärer Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Strahlungsgesetze, Eigenschaften des Photons, Materiewellen, Wellenpaket, Schrödinger-Gleichung, vollständige Beschreibung des Wasserstoffatoms, Atommodelle, Periodensystem, Strahlungsabsorption und -emission durch Atome, Laserprinzip, Röntgenstrahlung, Molekülphysik
Lern- und Qualifikationsziele	- Grundlegende Kenntnisse der Experimentalphysik, insbesondere Atom- und Molekülphysik - Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Experimentalphysik: z.B.: Haken/Wolf, Demtröder, Mayer-Kuckuck, Tipler, Bergmann-Schäfer, Gerthsen, Dransfeld, Giancoli, Halliday, etc.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBE411 Optik und Wellen	
Modulcode	PAFBE411
Modultitel (deutsch)	Optik und Wellen
Modultitel (englisch)	Optics and Waves
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. U. Peschel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Grundkurs Experimentalphysik I, Modul Grundkurs Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Module Grundkurs Physik der Materie I, Fortgeschrittenenpraktikum für Lehramtsstudenten, Physik der Materie III
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im M.Sc. Informatik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im M.Sc. Mathematik Wahlpflichtmodul M.Sc. Geowissenschaften (transdisziplinärer Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Wiederholung geometrische Optik, Elektromagnetische Wellen im Vakuum, in Dielektrika, in Metallen und in inhomogenen Medien, Polarisierung und anisotrope Medien, kristallographische Bauelemente, Interferometrie, Beugungstheorie, Fourieroptik
Lern- und Qualifikationsziele	- Grundlegende Kenntnisse der Experimentalphysik, insbesondere Wellenoptik und Grundkonzepte der Optik - Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Optik und Photonik von Born/Wolf, Saleh/Teich, Hecht, Pedrotti, Goodman
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBE511 Festkörper	
Modulcode	PAFBE511
Modultitel (deutsch)	Festkörper
Modultitel (englisch)	Solid-state Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Grundkurs Experimentalphysik I, Modul Grundkurs Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) M.Sc. Informatik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) M.Sc. Mathematik Wahlpflichtmodul M.Sc. Geowissenschaften (transdisziplinärer Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kristallstruktur und deren Bestimmung • Phononen und Elektronen im Kristall • Bändermodell, • Metalle, Halbleiter, dielektrische Festkörper, • Supraleitung
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Kenntnisse der Experimentalphysik, insbesondere Festkörperphysik • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Experimentalphysik und Festkörperphysik wie Kittel, Ibach/Lüth, Hunklinger, Bergmann/Schäfer, Weissmantel/Hamann, Demtröder, etc.

Unterrichtssprache	Deutsch
--------------------	---------

Modul PAFBP111 Grundpraktikum Experimentalphysik I	
Modulcode	PAFBP111
Modultitel (deutsch)	Grundpraktikum Experimentalphysik I
Modultitel (englisch)	Basic Physics Lab I
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. K. Schreyer Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Paralleler Erwerb von Grundkenntnissen in Experimentalphysik, wie sie im Modul PAFBE111 vermittelt werden.
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Pflichtmodul LAG/LAR Physik Pflichtmodul (Nebenfach Physik) im B.Sc. Mathematik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im B.Sc. Informatik Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) im B.Sc. Angewandte Informatik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 4 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 48 h 72 h
Inhalte	Mechanik Wärmelehre
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erwerb von physikalischen Grundkenntnissen gemäß der Versuchsanleitungen • Durchführung und Protokollierung einfacher physikalischer Messaufgaben unter Anleitung • Abschätzung der Größenordnung der auftretenden Messabweichung • Erwerb von Grundkenntnissen zur Bedienung des Programms „Origin“
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsnote (100%) Setzt sich zusammen aus mindestens 3 mündliche Prüfungen über je 20 Minuten und Akzeptanzbewertung der Praktikumsprotokolle (11 Versuche und 1 Hausversuch mit Fehlerrechnung).
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht im Lehramtsstudium nicht in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	„Versuchsanleitungen zum Physikalischen Grundpraktikum für Studenten der Physik“ (auf Homepage) „Das Neue Physikalische Grundpraktikum“, Eichler, Kronfeldt, Sahn (Springer 2001) „Physikalisches Praktikum“, Hrg. Geschke (Teubner 2001) „Fehleranalyse“, J.R.Taylor, VCH 1988 „Messung beendet - was nun?“, H. Gränicher, Teubner 1994
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBP211 Grundpraktikum Experimentalphysik II	
Modulcode	PAFBP211
Modultitel (deutsch)	Grundpraktikum Experimentalphysik II
Modultitel (englisch)	Basic Physics Lab II
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. K. Schreyer/Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundpraktikum I Paralleler Erwerb von Grundkenntnissen in Experimentalphysik, wie sie in den Modulen PAFBE111 und PAFBE211 vermittelt werden.
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Pflichtmodul LAG/LAR Physik Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) im B.Sc. Angewandte Informatik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im M.Sc. Informatik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im M.Sc. Mathematik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 4 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	48 h
- Selbststudium	72 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Wärmelehre Elektrophysik Optik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erwerb von physikalischen Grundkenntnissen gemäß der Versuchsanleitungen • Durchführung und Protokollierung komplexerer physikalischer Messaufgaben aus der Mechanik, Elektrotechnik, Optik und Wärmelehre, überwiegend selbstständig • Kenntnis wichtiger physikalischer Messprinzipien • Abschätzung der Größenordnung der auftretenden Messabweichung • Erwerb von Grundkenntnissen zur Bedienung des Programms „Origin“
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsnote (100%) Setzt sich zusammen aus mindestens 3 mündliche Prüfungen über je 20 Minuten und Akzeptanzbewertung der Praktikumsprotokolle (11 Versuche und 1 Hausversuch mit Fehlerrechnung).
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht im Lehramtsstudium in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	„Versuchsanleitungen zum Physikalischen Grundpraktikum für Studenten der Physik“ (auf Homepage) „Das Neue Physikalische Grundpraktikum“, Eichler, Kronfeldt, Sahm (Springer 2001) „Physikalisches Praktikum“, Hrg. Geschke (Teubner 2001) „Fehleranalyse“, J.R.Taylor, VCH 1988 „Messung beendet - was nun?“, H.Gränicher, Teubner 1994
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBP311 Grundpraktikum Experimentalphysik III	
Modulcode	PAFBP311
Modultitel (deutsch)	Grundpraktikum Experimentalphysik III
Modultitel (englisch)	Basic Physics Lab III
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Dr. K.Schreyer/Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundpraktikum I Paralleler Erwerb von Grundkenntnissen in Experimentalphysik, wie sie in den Modulen PAFBE111 und PAFBE211 vermittelt werden.
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) B.Sc. Angewandte Informatik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 4 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	48 h
- Selbststudium	72 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Mechanik, Wärmelehre, Optik, Struktur der Materie, Elektronik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erwerb von physikalischen Grundkenntnissen gemäß der Versuchsanleitungen • Durchführung und Protokollierung komplexerer physikalischer Messaufgaben aus der Mechanik, Elektrotechnik, Optik und Wärmelehre, überwiegend selbstständig • Kenntnis wichtiger physikalischer Messprinzipien • Abschätzung der Größenordnung der auftretenden Messabweichung • Erwerb von Grundkenntnissen zur Bedienung des Programms „Origin“ • Grundlagen der statistischen Auswertung von Messungen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsnote (100%) Setzt sich zusammen aus mindestens 3 mündliche Prüfungen über je 20 Minuten und Akzeptanzbewertung der Praktikumsprotokolle (12 Versuche).

Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	„Versuchsanleitungen zum Physikalischen Grundpraktikum für Studenten der Physik“ (auf Homepage) „Das Neue Physikalische Grundpraktikum“, Eichler, Kronfeldt, Sahm (Springer 2001) „Physikalisches Praktikum“, Hrg. Geschke (Teubner 2001) „Fehleranalyse“, J.R.Taylor, VCH 1988 „Messung beendet - was nun?“, H.Gränicher, Teubner 1994
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBP511 Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum I	
Modulcode	PAFBP511
Modultitel (deutsch)	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum I
Modultitel (englisch)	Advanced Physics Lab I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Grundkurs Experimentalphysik I, II, Grundpraktikum I - III, Atome und Moleküle I
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc.Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	5 SWS Praktikum
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	105 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Planung, Durchführung, Protokollierung, Auswertung und Interpretation physikalischer Experimente aus unterschiedlichen Teilgebieten der Physik: Optik, Atom- und Molekülphysik, Laserphysik, Festkörper- und Tieftemperaturphysik, Röntgenphysik, Kernphysik, elektronische Messtechnik, Nanostrukturen/Analyse.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Einarbeitung in eine spezielle physikalische Fragestellung. • Selbständige Erarbeitung experimenteller Kenntnisse und Fertigkeiten auf verschiedenen Teilgebieten der Physik. • Kenntnis wichtiger physikalischer Experimentiertechniken. • Fähigkeiten zum selbständigen Experimentieren: Versuchsplanung, Aufbau von Messanordnungen, Messung, Protokollierung, rechnergestützte Datenerfassung und Datenauswertung, Ergebnisdarstellung.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Erfolgreicher Abschluss von 4 Praktikumsversuchen einschließlich der dazugehörigen Prüfungen und schriftlichen Ausarbeitungen.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Die Versuchsnoten ergeben sich aus jeweils 3 Teilnoten: Versuchsvorbereitung und -durchführung, schriftliche Prüfung, schriftliche Ausarbeitung. Die Modulnote ergibt sich aus dem Mittelwert der Versuchsnoten.

Empfohlene Literatur	Versuchsanleitungen, Lehrbücher der Experimentalphysik von Bergmann/Schaefer, Demtröder, Gerthsen und Spezialliteratur
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBP611 Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum II	
Modulcode	PAFBP611
Modultitel (deutsch)	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum II
Modultitel (englisch)	Advanced Physics Lab II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Grundkurs Experimentalphysik I und II, Grundpraktikum I - III, Atome und Moleküle I
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B. Sc.Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	5 SWS Praktikum
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	105 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Planung, Durchführung, Protokollierung, Auswertung und Interpretation physikalischer Experimente aus unterschiedlichen Teilgebieten der Physik: Optik, Atom- und Molekülphysik, Laserphysik, Festkörper- und Tieftemperaturphysik, Röntgenphysik, Kernphysik, elektronische Messtechnik, Nanostrukturen/Analyse.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Einarbeitung in eine spezielle physikalische Fragestellung. • Selbständige Erarbeitung experimenteller Kenntnisse und Fertigkeiten auf verschiedenen Teilgebieten der Physik. • Kenntnis wichtiger physikalischer Experimentiertechniken. • Fähigkeiten zum selbständigen Experimentieren: Versuchsplanung, Aufbau von Messanordnungen, Messung, Protokollierung, rechnergestützte Datenerfassung und Datenauswertung, Ergebnisdarstellung.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Erfolgreicher Abschluss von 4 Praktikumsversuchen einschließlich der dazugehörigen Prüfungen und schriftlichen Ausarbeitungen.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Die Versuchsnoten ergeben sich aus jeweils 3 Teilnoten: Versuchsvorbereitung und -durchführung, schriftliche Prüfung, schriftliche Ausarbeitung. Die Modulnote ergibt sich aus dem Mittelwert der Versuchsnoten

Empfohlene Literatur	Versuchsanleitungen, Lehrbücher der Experimentalphysik von Bergmann/Schaefer, Demtröder, Gerthsen und Spezialliteratur
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBT211 Theoretische Mechanik	
Modulcode	PAFBT211
Modultitel (deutsch)	Theoretische Mechanik
Modultitel (englisch)	Theoretical Mechanics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) B.Sc. und M.Sc. Mathematik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) B.Sc. und M.Sc. Informatik Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) B.Sc. Angewandte Informatik Wahlpflichtmodul M.Sc. Geowissenschaften (Transdisziplinärer Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung 4 SWS Übungen 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Mechanik eines Massenpunktes; Trägheitskräfte; Massenpunktsysteme; d'Alembertsches Prinzip; Lagrangegleichungen 1. und 2. Art; Hamiltonsches Prinzip; Starrer Körper und Kreiseltheorie; Hamiltonsche Formulierung
Lern- und Qualifikationsziele	Grundlegende Kenntnisse der Theoretischen Mechanik; Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von theoretisch-physikalisch anspruchsvollen Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche oder mündliche Prüfung (Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Theoretischen Physik, z.B.: Stephani/Kluge, Fließbach (Band 1), Budó, Scheck, Kuypers, Sommerfeld (Band 1), Landau/Lifschitz (Band 1), Bartelmann et al.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBT311 Elektrodynamik	
Modulcode	PAFBT311
Modultitel (deutsch)	Elektrodynamik
Modultitel (englisch)	Electrodynamics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Fritzsche
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung 4 SWS Übungen 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Elektrostatik; Permanentmagnete und ihre Felder; stationäre Ströme und ihre Felder; langsam veränderliche Felder; das allgemeine elektromagnetische Feld; elektrische und magnetische Felder in Materie; Wellen in Medien; Erzeugung und Abstrahlung von Wellen; Viererschreibweise und Lorentzinvarianz der Elektrodynamik; Variationsprinzipien
Lern- und Qualifikationsziele	Grundlegende Kenntnisse der Elektrodynamik; Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von theoretisch-physikalisch anspruchsvollen Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche oder mündliche Prüfung (Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Theoretischen Physik, z.B.: Scheck, Sommerfeld, Landau/Lifschitz; speziell zur Elektrodynamik z.B.: Jackson, Wipf u.a.: Theoretische Physik
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBT411 Quantentheorie	
Modulcode	PAFBT411
Modultitel (deutsch)	Quantentheorie
Modultitel (englisch)	Quantum Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Botti
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Theoretische Mechanik und Elektrodynamik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung 4 SWS Übungen 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	Anfänge der Quantentheorie, Wellenmechanik, mathematischer Formalismus, Observable, Zustände und Unbestimmtheit, eindimensionale Systeme, harmonischer Oszillator, Teilchenzahldarstellung, Zeitentwicklung und Bilder, Symmetrien, Drehimpuls, Zentralkräfte, Wasserstoffatom, geladene Teilchen im elektromagnetischen Feld, stationäre Näherungsverfahren
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Grundbegriffe und Methoden zur Beschreibung von physikalischen Systemen im Rahmen der Quantentheorie Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von einfachen Aufgaben und Erkennen von Strukturen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche oder mündliche Prüfung (Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Module PAFBT411 Quantentheorie und PAFGT511 Theoretische Physik I – Quantentheorie für Studenten des Lehramtes an Gymnasien sind gegenseitig anrechenbar.
Empfohlene Literatur	Gasiorowicz, Nolting, Pietschmann, Fließbach
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBT511 Thermodynamik und Statistische Physik	
Modulcode	PAFBT511
Modultitel (deutsch)	Thermodynamik und Statistische Physik
Modultitel (englisch)	Thermodynamics and Statistical Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Theoretische Mechanik, Elektrodynamik und Quantenmechanik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung 4 SWS Übungen 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Einführung, Dichteoperator, Makro- und Mikrozustände, mikrokanonische Zustandssumme, erster Hauptsatz, quasistatische Prozesse, Entropie und Temperatur, zweiter Hauptsatz, Zustandsgrößen und -gleichungen, thermodynamische Potentiale, Gleichgewichts- und Stabilitätsbedingungen, Zustandsänderungen, thermodynamische Temperaturskala, nullter und dritter Hauptsatz, Wärmekraftmaschinen, Systeme mit veränderlicher Teilchenzahl, kanonische Gesamtheit, Entropie eines beliebigen Makrozustandes, großkanonische Gesamtheit, ideale Quantengase, entartetes Elektronengas, Bose-Einstein-Kondensation, Wärmestrahlung, H-Theorem
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Grundbegriffe und Methoden zur Beschreibung von physikalischen Systemen im Rahmen der Thermodynamik und Statistischen Physik Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von einfachen Aufgaben und Erkennen von Strukturen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche oder mündliche Prüfung (Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)

Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Theoretischen Physik, z.B.: R. Becker, E. Fermi, C. Kittel / K. Krömer, G. Kluge / G. Neugebauer, T. Fließbach, R. Pathria, L. Landau / E. Lifschitz
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBU111 Mathematische Methoden der Physik	
Modulcode	PAFBU111
Modultitel (deutsch)	Mathematische Methoden der Physik
Modultitel (englisch)	Mathematical Methods of Physics
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Agnes Sambale
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Teilnahme am Vorkurs Mathematik für Studienanfänger
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Pflichtmodul LAG/LAR Physik Pflichtmodul (Anwendungsfach Physik) im B.Sc. Angewandte Informatik Pflichtmodul (Nebenfach Physik) im B.Sc. Mathematik Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) im B.Sc. und M.Sc. Informatik 039 B.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	V (2 SWS), Ü (1 SWS)
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Gewöhnliche lineare Differentialgleichungen 1. und 2. Ordnung mit konstanten Koeffizienten; • Schwingungen • Vektoranalysis: Differentialoperatoren und Integralsätze • krummlinige Orthogonalkoordinaten (ebene Polar-, Zylinder-, Kugelkoordinaten)
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung grundlegender mathematischer Begriffe und Methoden, deren Kenntnis und Beherrschung für das Verständnis der Theoretischen Mechanik und Elektrodynamik erforderlich ist • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (100 %)

Zusätzliche Informationen zum Modul Die Note dieses Moduls geht nicht in die Fachendnote Physik ein	
Empfohlene Literatur	Literaturempfehlungen werden zu Beginn der Veranstaltung gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBU311 Computational Physics I	
Modulcode	PAFBU311
Modultitel (deutsch)	Computational Physics I
Modultitel (englisch)	Computational Physics I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Grundkurs Experimentalphysik I und II; Theoretische Mechanik; Analysis für Physiker 1 und 2; Lineare Algebra und Analytische Geometrie
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Modul Computational Physics II
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) im B.Sc. Angewandte Informatik Wahlpflichtmodul B.Sc. Geowissenschaften Wahlpflichtmodul M.Sc. Geowissenschaften (transdisziplinärer Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS (zweiwöchig 2 Stunden)
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	- Übertragung physikalischer Probleme in numerische Algorithmen - numerische Interpolation, Integration und Differentiation - Integraltransformationen (Fast Fourier Transformation) - Lösung linearer Gleichungssysteme und Eigenwertprobleme - numerische Lösung gew. Differentialgleichungen - mathematisch orientierte Interpretersprache (z.B. Matlab)
Lern- und Qualifikationsziele	- Vermittlung der grundlegenden Begriffe und Konzepte der numerischen Modellierung physikalischer Probleme - Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Entwickeln numerischer Algorithmen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Regelmäßige Teilnahme an den Computerübungen
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Semesterabschlussklausur 90 min Dauer

Empfohlene Literatur	Lehrbücher zu Computational Physics und Numerischer Mathematik z.B. von Press/Vetterling/Teukolsky/Flannery oder Hermann
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBU611 Seminar	
Modulcode	PAFBU611
Modultitel (deutsch)	Seminar
Modultitel (englisch)	Seminar
Modul-Verantwortliche/r	Professoren der Physikalisch-Astronomischen Fakultät
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul B.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Seminarvorträge Studenten und Dozenten zu ausgewählten Themen der Physik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Einarbeitung in eine spezielle physikalische Fragestellung • Selbständiges Suchen der Informationen • Didaktische und technische Vorbereitung einer wissenschaftlichen Präsentation • Nutzung elektronischer Präsentationstechniken • Erfassen der physikalischen Inhalte von Vorträgen, Teilnahme an wissenschaftlichen Diskussionen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Regelmäßige Teilnahme am Seminar
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Eigene Präsentation. Die Modulnote ergibt sich aus der Note für den Vortrag, die Diskussion und die schriftliche Ausarbeitung.
Empfohlene Literatur	Schwerpunktabhängig
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX211 Mathematische Methoden der Physik II	
Modulcode	PAFBX211
Modultitel (deutsch)	Mathematische Methoden der Physik II
Modultitel (englisch)	Mathematical Methods of Physics II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Vorkurs Mathematik für Studienanfänger, Mathematische Methoden der Physik I
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul LAG/LAR Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Vektoranalysis: <ul style="list-style-type: none"> • Integralsätze (Green, Stokes, Gauß) • Laplace-Operator und Green'sche Identitäten • Symbole von Kronecker und Levi-Civita Krummlinige Orthogonalkoordinaten: <ul style="list-style-type: none"> • Polar-, Zylinder-, Kugelkoordinaten • Jacobi-Determinante Dirac'sche Delta-Funktion, Heaviside'sche Sprungfunktion, Gauß'sche Integrale
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung grundlegender mathematischer Begriffe und Methoden, deren Kenntnis und Beherrschung für das Verständnis der Theoretischen Mechanik und Elektrodynamik erforderlich ist • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX311 Mathematische Methoden der Physik III	
Modulcode	PAFBX311
Modultitel (deutsch)	Mathematische Methoden der Physik III
Modultitel (englisch)	Mathematical Methods of Physics III
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Vorkurs für Studienanfänger, Mathematische Methoden der Physik, Mathematische Methoden der Physik II
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul LAG/LAR Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	Fourier-Reihen und Fourier-Transformationen Partielle Differentialgleichungen und Spezielle Funktionen: <ul style="list-style-type: none"> • Wellengleichung (Charakteristiken, Separationsansatz) • Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen durch Potenzreihen (Bessel'sche Gleichung, Gamma-Funktion) • Laplace-Gleichung in Kugelkoordinaten (Sommerfeld'sche Polynommethode, Kugel- und Kugelflächenfunktionen) • Beispiele
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung grundlegender mathematischer Begriffe und Methoden, deren Kenntnis und Beherrschung für das Verständnis der Quantenmechanik und Elektrodynamik erforderlich ist • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX411 Computational Physics II	
Modulcode	PAFBX411
Modultitel (deutsch)	Computational Physics II
Modultitel (englisch)	Computational Physics II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Computational Physics I, Theoretische Mechanik und Elektrodynamik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) im B.Sc. Angewandte Informatik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 1 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in Unix und höhere Programmiersprachen (z.B.: C/C++, Fortran) • Numerische Lösung partieller Differentialgleichungen • Monte-Carlo Verfahren • Molekulardynamische Verfahren • Minimierungsprobleme
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Algorithmen und praktischen Fähigkeiten zur numerischen Lösung komplexer physikalischer Probleme und Visualisierung großer Datenmengen
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	Medienunterstützte, interaktive Vorlesung unter Ausnutzung von Kontroll- und Demonstrationssoftware und LCD-Projektor, praktische Übungen am PC, begleitendes Skript
Empfohlene Literatur	Lehrbücher zu Computational Physics und Numerischer Mathematik von Hermann, DeVries, Press/Vetterling/Teukolsky/Flannery, Schwarz
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX421 Methoden der modernen Messtechnik	
Modulcode	PAFBX421
Modultitel (deutsch)	Methoden der modernen Messtechnik
Modultitel (englisch)	Methods of Modern Metrology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Grundpraktikum Experimentalphysik I/II
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul LAG/LAR Physik Wahlpflichtmodul B.Sc. Angewandte Informatik (Anwendungsfach Physik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	3 SWS Praktikum 1 SWS Proseminar
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundprinzipien der modernen Messtechnik (Messung kleinster Signale, Spektrenanalyse) • Optoelektronik (Bauelemente, Kopplung, Datenübertragung, Photovoltaik) • Messdatenerfassung u. -verarbeitung (ADC, DAC, Signalverarbeitung, LabView-Programmierung, digitale Messautomatisierung)
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung der fachlichen und methodischen Voraussetzungen für die erfolgreiche Absolvierung des Fortgeschrittenen-Praktikums und einer exp. Abschlussarbeit • Befähigung zur selbständigen, erfolgreichen experimentellen Tätigkeit im Berufsleben
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Ausarbeitung von Praktikumsprotokollen (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht in die Fachendnote Physik ein.

Empfohlene Literatur	Praktikumsbroschüre (Grundlagen- u. Aufgabenteil), ausbaufähig zu Internetmodulen, Standardliteratur zur Messtechnik wie Hinsch, Profos/Pfeiffer, Schrüfer
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX431 Einführung in die Elektronik	
Modulcode	PAFBX431
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Elektronik
Modultitel (englisch)	Introduction to Electronics
Modul-Verantwortliche/r	apl. Prof. Dr. F. Schmidl
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Grundkurs Experimentalphysik I und II oder Äquivalent
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Voraussetzung für das Modul Elektronikpraktikum
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Physik Wahlpflichtmodul im Lehramtsstudium Physik Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) im B.Sc. Angewandte Informatik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Einführung in die Funktionsweise elektronischer Bauelemente (z.B. Diode, optoelektronische Bauelemente, Transistoren, Operationsverstärker, Digitale Bauelemente) und einfacher elektronischer Schaltungen (Filter, Verstärker, Schaltungen zur Schwingungserzeugung, Schaltungen der Digitalelektronik, Einflüsse von Leitungen usw.)
Lern- und Qualifikationsziele	- Grundkenntnis der Funktionsweise elektronischer Bauelemente sowie der Schaltungselektronik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX511 Einführung in die Astronomie	
Modulcode	PAFBX511
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Astronomie
Modultitel (englisch)	Introduction to Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Krivov
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Empfohlen: Grundkurs Experimentalphysik I und II
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (physikalischer Bereich) Wahlpflichtmodul Lehramt Physik LAG/LAR, Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung Astronomie/Astrophysik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Was ist Astronomie? • "Kosmographische" Beschreibung des Weltalls • Theoretische und beobachtende Methoden der Astronomie • Sphärische Astronomie, Astrometrie • Himmelsmechanik, Keplersche Gesetze • Sonnensystem • Sonne und Sterne • Milchstraßensystem • Galaxien • Kosmologie
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung spezieller Inhalte, Phänomene und Konzepte der Astronomie • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Astronomie
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	Karttunen, Kröger, Oja, Poutanen, Donner, Fundamental Astronomy (Springer), Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer), Voigt, Abriss der Astronomie (BI Wissenschaftsverlag)

Unterrichtssprache	Deutsch
--------------------	---------

Modul PAFBX521 Relativistische Physik	
Modulcode	PAFBX521
Modultitel (deutsch)	Relativistische Physik
Modultitel (englisch)	Relativistic Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Theoretische Mechanik, Elektrodynamik, Quantentheorie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang B.Sc. Physik im 5. Fachsemester Wahlpflichtmodul im Lehramtsstudium Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Spezielle Relativitätstheorie (Relativitätsprinzip; Konstanz der Lichtgeschwindigkeit; Relativität der Gleichzeitigkeit; Raumzeit; Lichtkegel; Eigenzeit; Lorentz-Transformationen; Vierervektoren; Relativistische Mechanik, Elektrodynamik, Hydrodynamik) • Allgemeine Relativitätstheorie (Grundideen; Riemannsche Geometrie; Physikalische Gesetze im Riemannschen Raum; Einsteinsche Feldgleichungen; Newtonscher Grenzfall; Schwarzschild-Lösung; Klassische Effekte der ART; Kugelsymmetrische Sternmodelle; Schwarze Löcher)
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden der speziell- und allgemein-relativistischen Physik • Entwicklung der Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von einfachen Aufgaben aus diesen Gebieten • Vorbereitung für die weiterführenden Module
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zur Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (ggfs. mündliche Prüfung)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben

Unterrichtssprache	Deutsch
--------------------	---------

Modul PAFBX531 Elektronikpraktikum	
Modulcode	PAFBX531
Modultitel (deutsch)	Elektronikpraktikum
Modultitel (englisch)	Electronics Lab
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. F. Schmidl
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Elektronik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul B.Sc. Physik Wahlpflichtmodul LAG/LAR Physik Wahlpflichtmodul B.Sc. Angewandte Informatik (Anwendungsfach Physik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Praktikum
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Praktikumsversuche zur Funktionsweise von elektronischen Bauelementen wie: Halbleiterdiode, Z-Diode, Thyristor, Triac, Optoelektronik (Fotowiderstand, -diode, -transistor, Optokoppler), npn-Transistor, MOSFET, Operationsverstärker, Digitalelektronik (TTL, CMOS, A/D-Wandler) • anschließendes Lötpraktikum (Aufbau und Inbetriebnahme einer Schaltung auf Universal-Leiterplatten)
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnis der Funktionsweise elektronischer Bauelemente sowie der Schaltungselektronik erwerben und praktisch umsetzen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Testate für Praktikumsversuche mit Protokoll (Anzahl der Testate und Protokolle werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	Praktikumsanleitung im Internet, Literatur zum Elektronikpraktikum wie Hinsch
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX541 Grundlagen der Photonik	
Modulcode	PAFBX541
Modultitel (deutsch)	Grundlagen der Photonik
Modultitel (englisch)	Introduction to Photonics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Wellenoptik, Gaußstrahl • Elektromagnetische Wellenoptik und Kristalloptik • Nichtlineare Optik • Akusto- und Elektrooptik, optische Modulatoren • Optische Detektoren • Laser, gepulste Laser, Anwendungen von Lasern • Optische Wellenleiter und Grundzüge der optischen Nachrichtentechnik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden optischen Eigenschaften von photonischen Bauelementen • Vermittlung von Wissen über Auslegung linearer und nichtlinearer optischer Komponenten • Befähigung zum selbstständigen Lösen photonischer Fragestellungen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Abschlussprüfung (Art der Prüfung wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Empfohlene Literatur	<p>Saleh, Teich, „Grundlagen der Photonik“ Wiley Meschede, „Optik, Licht und Laser“ Teubner Reider, „Photonik“ Springer Lehrbuch Technik Bergmann, Schäfer, „Optik Band 3“ de Gruyter Verlag</p>

Unterrichtssprache	Deutsch
--------------------	---------

Modul PAFBX611 Kerne und Teilchen	
Modulcode	PAFBX611
Modultitel (deutsch)	Kerne und Teilchen
Modultitel (englisch)	Nuclei and Particles
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Grundkurs Experimentalphysik I und II, Atome und Moleküle I, Quantentheorie, Festkörper
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (physikalischer Bereich) Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Wechselwirkung • Eigenschaften stabiler Kerne • Kernmodelle • Kernspaltung • Alpha- und Beta Zerfall • Elektromagnetische Übergänge • Paritätsverletzung • schwache Wechselwirkung
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung grundlegender Inhalte, Phänomene und Konzepte der Kern- und Elementarteilchenphysik • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Kern- und Elementarteilchenphysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Demtröder, Mayer-Kuckuck, Poch
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX621 Atome und Moleküle II	
Modulcode	PAFBX621
Modultitel (deutsch)	Atome und Moleküle II
Modultitel (englisch)	Atoms and Molecules II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Tünnermann, Prof. Dr. S. Nolte
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Grundkurs Experimentalphysik I und II, Atome und Moleküle I, Optik und Wellen, Festkörper, Quantentheorie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (physikalischer Bereich) Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung Atome und Moleküle I • Allg. Gesetzmäßigkeiten optischer Übergänge • Moderne Methoden der Spektroskopie, Laseranwendungen • Grundlagen der Quantentheorie der chemischen Bindung
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der spezieller Inhalte, Phänomene und Konzepte der Atom- und Molekülphysik sowie der optischen Spektroskopie • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Atom- und Molekülphysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche oder mündliche Prüfung
Zusätzliche Informationen zum Modul	Medienunterstützte Vorlesung mit Hörsaalexperimenten und Übungen
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> - Haken-Wolf, Atom- und Quantenphysik - Hittmair, Lehrbuch der Quantentheorie - Landau-Lifschitz, Lehrbuch Quantenmechanik - Demtröder, Experimentalphysik 3 + Laserspektroskopie
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX641 Technische Thermodynamik und Physik erneuerbarer Energien	
Modulcode	PAFBX641
Modultitel (deutsch)	Technische Thermodynamik und Physik erneuerbarer Energien
Modultitel (englisch)	Technical Thermodynamics and Physics of Renewable Energies
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. Frank Machalett
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Grundkurs Experimentalphysik I, Modul Grundpraktikum Experimentalphysik I
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul M.Sc. Geowissenschaften (transdisziplinärer Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 1,5 SWS Übung: 0,5 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundbegriffe der Thermodynamik: Thermodynamisches Gleichgewicht, Hauptsätze • Beschreibung offener Systeme und Strömungen, Kreisprozesse und Wirkungsgradvergleiche, z.B. Carnot, Stirling, Otto, Diesel, Seiliger, Joule, Ericsson, Clausius-Rankine, mit Anwendungen wie Motoren, Turbinen, Kraftwerke (Kohle-, Kern- und solarthermische Kraftwerke), Wärmepumpe, • Vergleich der Prozesse im Hinblick auf Umweltbelastung, Nutzung konventioneller Energieträger und erneuerbarer Energien.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe und Gesetze der Thermodynamik und ihren Anwendungen in der Technik • selbständiges Lösen von Aufgaben der Technischen Thermodynamik • Zugang zu Aufgaben in der Energietechnik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30-60 min). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	Medienunterstützte Vorlesung mit Simulationssoftware und LCD-Projektor, Übungen, begleitendes Skript

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">- K. Langeheinecke (Hrsg.) u.a., Thermodynamik für Ingenieure, Braunschweig: Vieweg.- K.-F. Knoche, Technische Thermodynamik, Braunschweig: Vieweg.- E. Hahne, Technische Thermodynamik, Bonn u.a.: Addison-Wesley.- B. Dieckmann, K. Heinloth, Energie, Stuttgart u.a.: Teubner.- E. Rebhahn (Hrsg.), Energiehandbuch, Berlin u.a.: Springer.- V. Quaschnig, Regenerative Energiesysteme, München: Hanser
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX642 Einführung in die Biophysik	
Modulcode	PAFBX642
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Biophysik
Modultitel (englisch)	Introduction to Biophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. C. Eggeling
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Wie kann man Prozesse in biologischen Systemen wie Zellen mit Hilfe der Gesetze der Physik beschreiben und warum ist das wichtig? Eine Einführung in prinzipielle Grundlagen der Zell-Biologie, Erläuterungen wie zellulären Prozesse Regeln der Physik beschreibbar sind, und ein kurzer Abriss von Messmethoden um diese physikalischen Prozesse zu untersuchen.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung der Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von einfachen Anwendungsaufgaben • Entwicklung von interdisziplinären Denken
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche oder schriftliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	deutsch

Modul PAFBX643 Aktuelle Themen der Biophysik	
Modulcode	PAFBX643
Modultitel (deutsch)	Aktuelle Themen der Biophysik
Modultitel (englisch)	Current Topics in Biophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. C. Eggeling
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B. Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Diese Vorlesung greift beispielhaft auf, in welchen Zell-Prozessen die Physik eine elementare Rolle spielt. Einer kurzen Einführung in die Grundsätze der zellulären Biophysik folgend werden aktuelle Themen wie die Membran-Biophysik ("Lipid Rafts") oder die Physik der DNA behandelt.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Seminarvortrag
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche oder schriftliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	deutsch

Modul PAFMA001 Physik der Sterne	
Modulcode	PAFMA001
Modultitel (deutsch)	Physik der Sterne
Modultitel (englisch)	Stellar Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“ und Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	Entstehung und Entwicklung von Sternen als Funktion der Masse durch das Hertzsprung-Russell Diagramm, Sternatmosphären, Spektroskopie, Photometrie, Kernfusion als Energiequelle
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Stellarphysik • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben und Problemen der Stellarphysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsbewertung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Scheffler, Elsässer, Physik der Sterne und der Sonne (BI), sehr ausführlich, sehr gut • Carroll, Ostlie, Introduction to Modern Astrophysics (Addison-Wesley), englisch, sehr gute Einführung • Stahler, Palla, The formation of stars (Wiley-VCH, 2004), englisch, sehr ausführlich, sehr gut, sehr aktuell • Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer), ausführlich, aktuell und gut geeignet
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA002 Astronomische Beobachtungstechnik	
Modulcode	PAFMA002
Modultitel (deutsch)	Astronomische Beobachtungstechnik
Modultitel (englisch)	Astronomical Observing Techniques
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Einführung in die Astronomie und Physik der Sterne oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“ und Physik Lehramt
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Strahlungstheorie, Leuchtkraft • CCD-Detektoren, Datenreduktion • Aufbau und Funktion optischer und Infrarot-Teleskope • Grundlagen der Infrarot-Astronomie • Speckle-Technik, Adaptive Optik, Interferometrie • Radioastronomie: Teleskope und Wissenschaft • Ultraviolett-, Röntgen- und Gamma-Astronomie
Lern- und Qualifikationsziele	Methoden der beobachtenden Astronomie in allen Wellenlängen; Beobachtungstechnik und Datenauswertung. Kenntnis der Teleskoptechnik in allen Wellenlängen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsbewertung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Karttunen, Kröger, Oja, Poutanen, Donner, Astronomie – eine Einführung (Springer) • Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer) • Weigert, Wendker, Wisotzki, Astronomie und Astrophysik: ein Grundkurs (Wiley VCH)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA003 Himmelsmechanik	
Modulcode	PAFMA003
Modultitel (deutsch)	Himmelsmechanik
Modultitel (englisch)	Celestial Mechanics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie, Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“ und Physik Lehramt
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Zwei-Körper Problem • eingeschränktes Drei-Körper-Problem; • gestörte Bewegungen; • Dynamik der Planetensysteme: resonante, säkulare und periodische Störungen; • Chaos und Stabilität; • moderne Erweiterungen: relativistische Himmelsmechanik, nichtgravitative Himmelsmechanik, Astrodynamik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen von grundlegenden Begriffen, • Problemen und Methoden der klassischen und modernen Himmelsmechanik und deren Anwendungen auf verschiedene astronomische Probleme • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen von vergleichsweise einfachen Aufgaben aus diesen Gebieten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsbewertung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Murray, Dermott: Solar System Dynamics (Cambridge Univ. Press) • Danby: Fundamentals of Celestial Mechanics (Willmann-Bell)

Unterrichtssprache	Englisch
--------------------	----------

Modul PAFMA004 Astronomisches Praktikum	
Modulcode	PAFMA004
Modultitel (deutsch)	Astronomisches Praktikum
Modultitel (englisch)	Astronomical Practicum
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Einführung in die Astronomie und Physik der Sterne oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“, Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	1 SWS Vorlesung 3 SWS Praktikum
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Spektroskopie und Photometrie am Teleskop • interstellarer Staub, • Sternentstehung • Infrarot-Astronomie • Neutronenstern-Kinematik
Lern- und Qualifikationsziele	Funktionsweise und Beobachtung von Sternen, Staublaborversuche, Datenauswertung, Fehlerrechnung
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Erarbeitung der Protokolle (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Protokollnote (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Voigt, Abriss der Astronomie (BI Wissenschaftsverlag) • Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer) • Scheffler, Elsässer, Physik der Sterne und der Sonne (BI) • Carroll, Ostlie, Intro to Modern Astrophysics (Addison-Wesley)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA005 Physik der Planetensysteme	
Modulcode	PAFMA005
Modultitel (deutsch)	Physik der Planetensysteme
Modultitel (englisch)	Physics of Planetary Systems
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“ und Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Teil 1 „Entdeckung und Eigenschaften“ (Prof. Dr. Artie Hatzes): Detektionsmethoden von Exoplaneten (Radialgeschwindigkeit, Astrometrie, Transit, Direktaufnahme, Mikrolensing, Interferometrie); beobachtete Eigenschaften und Diversität von Planetensystemen; • Teil 2 „Entstehung und Entwicklung“ (Prof. Dr. Alexander Krivov): Theorie der Planetenentstehung (Akkretionsscheibe, Staub-Gas-Wechselwirkung, Agglomeration vom Staub zu Planetesimalen, Wachstum der Planetesimale zu Embryonen, Entstehung der Riesen- und terrestrischen Planeten, Migration, Trümmerscheiben), Entwicklung von Planetensystemen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen von Eigenschaften, Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems und extrasolarer Planetensysteme • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen von vergleichsweise einfachen Aufgaben aus diesen Gebieten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder ggfs. mündliche Prüfung

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Safronov, Evolution of the protoplanetary cloud and formation of the Earth and the planets• Armitage: Astrophysics of Planet Formation (Cambridge University Press)• "Protostars and Planets III-VI" (Univ. Arizona Press)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMA006 Terra-Astronomie	
Modulcode	PAFMA006
Modultitel (deutsch)	Terra-Astronomie
Modultitel (englisch)	Terra Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für die Studiengänge Lehramt Drittfach Astronomie, M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“, Lehramt Physik, auch für M.Sc. Geophysik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung ggfs. 2 SWS Seminar
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 90 h 90 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Sonnenaktivität und –wind • kosmische Strahlung und ihre Quellen • Supernovae und ihre Überreste • Neutronensterne • Gamma-Ray-Bursts • Radionukleide auf der Erde • Auswirkung kosmischer Ereignisse auf Erde und Biosphäre, • historische Beobachtungen zur Rekonstruktion der Sonnenaktivität
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Terra-Astronomie • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesen Gebieten • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Vortragen in einem der Teilgebiete • Beiträge von Natur- und Geisteswissenschaften
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder ggfs. bewertete Übung oder mündliche Prüfung oder Seminarvortrag

Zusätzliche Informationen zum Modul Modul wird alle 3-4 Semester angeboten	
Empfohlene Literatur	Lehrbücher zur Sonnenphysik (z.B. Vaquero & Vasquez) und Supernovae (z.B. Stephenon & Green)
Unterrichtssprache	deutsch oder englisch (nach Teilnehmerwünschen)

Modul PAFMA007 Neutronensterne	
Modulcode	PAFMA007
Modultitel (deutsch)	Neutronensterne
Modultitel (englisch)	Neutron Stars
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Einführung in die Astronomie und Physik der Sterne oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für die Studiengänge Lehramt Drittfach Astronomie, Wahlpflichtmodul M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“, Wahlpflichtmodul Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von Sternen als Funktion der Masse, • Nach Hauptreihen-Entwicklung, • Endstadien: weiße Zwerge, • Neutronensterne, schwarze Löcher, Supernovae, • Hochenergie-Astrophysik: Röntgen- und Gamma-Strahlung
Lern- und Qualifikationsziele	Entwicklung von Sternen verschiedener Massen, Endstadien, Methoden der Hochenergie-Astrophysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder ggfs. bewertete Übung oder mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer) • Scheffler, Elsässer, Physik der Sterne und der Sonne (BI) • Longair, High Energy Astrophysics vol. 1 & 2 (Cambridge) • Lorimer, Kramer, Handbook of Pulsar Astronomy (Cambridge) • Haensel, Potekhin, Yakovlev, Neutron stars (Springer)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA008 Laborastrophysik	
Modulcode	PAFMA008
Modultitel (deutsch)	Laborastrophysik
Modultitel (englisch)	Laboratory Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“ und Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Mineralogie und Evolution kosmischer Staubpartikel; • Emission, Absorption und Streuung elektromagnetischer Strahlung durch Partikel (Mie-Theorie); • Festkörper-Spektroskopie bei kurzen und langen Wellenlängen sowie tiefen Temperaturen; • Erzeugung und Analytik von Nanopartikeln und anderen Analogmaterialien im Labor; • Quantenmechanische Effekte in Nanoteilchen; • Photolumineszenz; • Erzeugung von Molekül- und Clusterstrahlen; • Absorptionsspektroskopie von Molekülen und Clustern in der Gasphase
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über interstellare und zirkumstellare Medien, • Konzeption von astrophysikalischen Laborexperimenten, • Molekül- und Festkörperspektroskopie, • optische Eigenschaften von Clustern, Nanoteilchen und Festkörperpartikeln
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder benotete Übung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Krügel, The Physics of Dust (IOP)• Henning (Hrsg.), Astromineralogy (Springer)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA010 Einführung in die Radioastronomie	
Modulcode	PAFMA010
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Radioastronomie
Modultitel (englisch)	Introduction to Radio Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. K. Schreyer / Dr. M. Hoeft
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“, Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Radioastronomie, • Überblick über Konzepte, Methoden und Techniken moderner Radioteleskope und -beobachtungen, • Exemplarische Vorstellung aktueller Themen der Forschung mit diesen Teleskopen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Radioastronomie (Submm bis Meterwellenlängen), • Fähigkeiten, eigene Beobachtungen mit einem Radioteleskop vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Besichtigung des SRT Jena und (bei Interesse) eine Exkursion zur Station des Low Frequency Arrays (LOFAR) in Tautenburg

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Rohlfs: „Tools of Radio Astronomy“ (Springer)• Burke, Graham-Smith: „An introduction to radio astronomy“ (Cambridge Univ. Press)• Thompson: „Interferometry and synthesis in radio astronomy“ (Wiley)• Wilson: „Tools of radio astronomy: problems and solutions“ (Springer)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA011 Das Sonnensystem	
Modulcode	PAFMA011
Modultitel (deutsch)	Das Sonnensystem
Modultitel (englisch)	The Solar System
Modul-Verantwortliche/r	Dr. habil. T. Löhne
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“ und Lehramt Physik Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick und historischer Abriss; • Erdähnliche Planeten; • Kleinkörper: Asteroiden und Kometen; • Sonnenwind und Magnetfelder; • Interplanetares Medium und Meteoroiden; • Oberflächenmodifikationen; • Altersbestimmung; • Gas- und Eisriesen; • Monde und Ringe; • Elementverteilung; • Entwicklung; • Habitabilität und Vergleich mit extrasolaren Systemen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnis der Struktur und Entwicklung des Sonnensystems und seiner Bestandteile; • Verständnis der wesentlichen physikalischen Prozesse, Zusammenhänge, Modelle und Messmethoden; • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen einfacher Aufgaben aus diesen Gebieten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Weissman u.a. (Hrsg.): Encyclopedia of the Solar System (Academic Press)• Encrenaz u.a.: The Solar System (Springer)• Gürtler, Dorschner: Das Sonnensystem (Barth)• de Pater, Lissauer: Planetary Sciences (Cambridge U. Press)• Jones: Discovering the Solar System (Wiley)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA012 Astronomische Spektroskopie	
Modulcode	PAFMA012
Modultitel (deutsch)	Astronomische Spektroskopie
Modultitel (englisch)	Astronomical Spectroscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Hatzes
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik Vertiefung Astronomie/Astrophysik, Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 h/Tag Vorlesung 3h/Tag Übung 3h/ Nacht Beobachtung mit 2m Teleskop
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	140 h
- Selbststudium	50 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Funktion von Teleskopen und Spektrographen • CCD-Detektoren • Beobachtungen mit einem Echelle-Spektrograph und 2m-Teleskop • Echelle Datenreduzierung mit IRAF • Zeitreihenanalyse • Spektrale Klassifikation der Sterne • Häufigkeitsanalysen von Sternspektren • Radialgeschwindigkeitsmessungen • Proposals schreiben
Lern- und Qualifikationsziele	Der Kurs ist ein fortgeschrittener Beobachtungskurs für Masterstudierende und Absolventen, die in der Beobachtungsastronomie arbeiten. Im Mittelpunkt des Kurses steht die Verwendung des 2m-Teleskops und der hochauflösende Spektrograph der Thüringer Landessternwarte Tautenburg. Die Studierenden lernen, wie man spektrale Beobachtungen plant und vorbereitet, die spektralen Beobachtungen mit dem Datenreduktionspaket IRAF reduziert, die Daten analysiert und wissenschaftliche Ergebnisse liefert. Am Ende des Kurses werden die Studierenden in der Lage sein, Beobachtungen an jeder größeren astronomischen Einrichtung auf der ganzen Welt durchzuführen.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	<ul style="list-style-type: none"> • Kurs auf grundlegenden astronomischen Beobachtungen • Fortgeschrittene Kurse in der Astronomie • Grundverständnis der stellaren Physik und Atmosphären
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Modulnote (100%)</p> <p>Setzt sich zusammen aus Beobachtungsaufgaben und mündlicher Prüfung</p>
Zusätzliche Informationen zum Modul	<p>Der Kurs richtet sich an fortgeschrittene Astronomie-Studenten, die eine Vertiefung in der Astronomie planen.</p> <p>Wird angeboten als Blockveranstaltung über 2 Wochen im April oder September</p>
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • D. Gray "The Observation and Analysis of Stellar Photospheres" • Barnes, Jeanette: A Beginner's Guide to Using IRAF • Massey: A Users Guide to Reducing Echelle Spectra with IRAF (IRAF material can be downloaded from the internet)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMA014 Kosmologie	
Modulcode	PAFMA014
Modultitel (deutsch)	Kosmologie
Modultitel (englisch)	Cosmology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. K.-H. Lotze
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Extragalaktik und/oder Allgemeiner Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/ Astrophysik“ und „Gravitations- und Quantentheorie“ Wahlpflichtmodul B.Sc.Physik (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 3 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 75 h 105 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Robertson-Walker-Kosmen; • Friedmansche Weltmodelle; • Kosmologisch relevante astronomische Beobachtungen; • Modelle mit kosmologischer Konstante; • Horizonte; • Inflation; • Thermische Geschichte des frühen Universums; • Strukturbildung.
Lern- und Qualifikationsziele	Der Studierende kennt die Probleme, Methoden und Aussagen der modernen theoretischen und beobachtenden Kosmologie. Er ist in der Lage, aktuelle Fachliteratur verständnisvoll zu lesen und zu den angegebenen Schwerpunkten selbständig Übungsaufgaben zu lösen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Schneider, Extragalaktische Astronomie (Springer); • Harrison: Cosmology (Cambridge University Press); • Goenner: Einführung in die Kosmologie (Spektrum Akademischer Verlag).

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMA015 Historische Astronomie	
Modulcode	PAFMA015
Modultitel (deutsch)	Historische Astronomie
Modultitel (englisch)	History of Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung der Astronomie als treibende Kraft für die Entwicklung der Physik Praktische (rechnende wie beobachtende) Astronomie von der Steinzeit bis heute • Lernen auf historischen Erkenntniswegen: Replikation von historischen Versuchen, Beobachtungen, Rechnungen, Fehleranalysen sowie Quellenstudium • Möglicherweise Programmierarbeiten
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse der Geschichte der Astronomie • Experimentelle und rechnerische Übungen, Schulung in verschiedenen Denkstilen und Fertigkeiten • Arbeiten mit historischen Daten
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsaufgaben (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben
Zusätzliche Informationen zum Modul	ggf. archäoastronomische Exkursion möglich
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • James Evans: The History and Practise of Ancient Astronomy, 1998 • D. Kelley; E. Milone: Exploring Ancient Skies: A Survey of Ancient and Cultural Astronomy, 2011 • K. Simonyi: Kulturgeschichte der Physik, 2001
Unterrichtssprache	Deutsch, auf Nachfrage Englisch

Modul PAFMA016 Extragalaktik	
Modulcode	PAFMA016
Modultitel (deutsch)	Extragalaktik
Modultitel (englisch)	Extragalactic Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Hatzes
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Einführung in die Astronomie und Physik der Sterne oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/ Astrophysik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Milchstraßensystem: Bestandteile des Sternsystems, Kinematik der Sterne; • Galaxien: Normale und aktive Galaxien, supermassereiche Schwarze Löcher, Galaxienhaufen; • Beobachtende Kosmologie: Entfernungsbestimmung, Supernovae, Gamma-Ray Bursts, Hintergrundstrahlung, Weltmodelle, Dunkle Materie.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der beobachtenden Extragalaktik; • Verständnis extragalaktischer und kosmologischer Phänomene.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	Kann ggfs. als Blockveranstaltung angeboten werden.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Schneider, Extragalaktische Astronomie (Springer), sehr ausführlich, sehr aktuell; • Unsoeld & Baschek, Der neue Kosmos (Springer), sehr ausführlich zu Stellarphysik.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA098 Aktuelle Forschung in der Astronomie	
Modulcode	PAFMA098
Modultitel (deutsch)	Aktuelle Forschung in der Astronomie
Modultitel (englisch)	Current Research in Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende, vertiefende Themen aus dem Bereich der Astronomie; • Themen aus aktuellen Bereichen der Forschung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung in ein spezielles Gebiet der Astronomie; • Selbständige Bearbeitung von Übungsaufgaben; • Fähigkeit zur eigenständigen Literaturrecherche.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA099 Aktuelle Forschung in der Astrophysik	
Modulcode	PAFMA099
Modultitel (deutsch)	Aktuelle Forschung in der Astrophysik
Modultitel (englisch)	Current Research in Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende, vertiefende Themen aus dem Bereich der Astrophysik; • Themen aus aktuellen Bereichen der Forschung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung in ein spezielles Gebiet der Astrophysik; • Selbständige Bearbeitung von Übungsaufgaben; • Fähigkeit zur eigenständigen Literaturrecherche.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF001 Theoretische Festkörperphysik	
Modulcode	PAFMF001
Modultitel (deutsch)	Theoretische Festkörperphysik
Modultitel (englisch)	Theoretical Solid State Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Botti
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Crystal structures and elastic properties of solids; • Electronic properties of crystals; • Approximate methods for electronic band structure; • Semiconductors and defect physics; • P-n junctions; • Microscopic description of charge transport; • Properties of alloys; • Nanostructures and interfaces; • Optical and dielectric properties of solids; • Magnetism and superconductivity.
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers advanced topics of solid state physics, with a specific focus on the theoretical understanding of the properties of electrons in crystals. An effort is made to remain as rigorous as possible in the theoretical and mathematical treatment, while keeping the presentation at an accessible level through the presentation of interesting applications to experiments and advanced technology. After completion of the course the students will master the relation between electronic structure of crystalline solids and their dielectric, optical, transport, magnetic properties.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• N.W. Ashcroft and N.D. Mermin "Solid State Physics";• G. Grosso and G. Pastori Parravicini "Solid State Physics";• C. Kittel "Introduction to Solid State Physics".
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF002 Theorie der Elektronenstruktur	
Modulcode	PAFMF002
Modultitel (deutsch)	Theorie der Elektronenstruktur
Modultitel (englisch)	Electronic Structure Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Botti
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/ Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 3 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	45 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the many-body problem; • Wavefunction-based approaches for electronic structure; • Density functional theory; • Electronic excitations: beyond density functional theory.
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Electronic structure theory is a successful and ever-growing field, shared by theoretical physics and theoretical chemistry, that takes advantage from the increasing availability of high-performance computers.</p> <p>Starting only from the knowledge of the types of atoms that constitute a material (molecule, solid, nanostructure,..) we will learn how to determine without further experimental input, i.e. using only the laws of quantum physics, its structural and electronic properties.</p> <p>The lecture will initiate the students to the state-of-the-art theoretical and computational approaches used for electronic structure calculations.</p> <p>In the practical classes the students will learn through tutorials to use different software for electronic structure simulations. During the last month they will realize a small independent scientific project.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF003 Solid State Optics	
Modulcode	PAFMF003
Modultitel (deutsch)	Solid State Optics
Modultitel (englisch)	Solid State Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Schmidt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/ Materialwissenschaft“ und „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Electronic, dielectric, and optical properties of solids; • Mueller matrix polarimetry; • Electrooptics and magnetooptics; • Photodetectors and optical systems; • Quantum optics and quantum technologies.
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers basic and advanced topics of solid state optics, with a special focus on the relation between electronic and optical properties. An effort is made to treat electro- and magneto-optical effects and quantum optical effects as rigorous as possible through the Mueller matrix approach and through quantum mechanical approaches, respectively.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulprüfung schriftlich Sommersemester (50%) Modulprüfung schriftlich Wintersemester (50%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF006 Supraleitung	
Modulcode	PAFMF006
Modultitel (deutsch)	Supraleitung
Modultitel (englisch)	Superconductivity
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. P. Seidel, apl. Prof. Dr. F. Schmidl
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Experimentalphysik I und II, Festkörper oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für den Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ Wahlpflichtmodul in den Studiengängen M.Sc. Materialwissenschaften und M.Sc. Geowissenschaften. Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Effekte der Supraleitung; • Kenngrößen von Supraleitern; • Josephson-Effekte; • Supraleitende Materialien (Klassen, Struktur, Eigenschaften); • Herstellung (Einkristalle, Massivmaterial, Schichten, Drähte, Bänder); • Modifikation der Materialien (Dotierung, Pinning); • Anwendungen der Supraleitung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe und Konzepte der Supraleitung, supraleitender Materialien und deren Anwendung; • Schaffung anwendungsbereiter Grundkenntnisse; • Befähigung zur selbständigen Weitervertiefung des Faches. • Erlernen wissenschaftlichen Diskutierens
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	aktive Beteiligung an Diskussionen im Seminar und Erstellung einer Hausarbeit
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Hausarbeit und Präsentation (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• W. Buckel, R. Kleiner, Supraleitung, Wiley-VCH, 2012;• P. Seidel (Ed.), Applied Superconductivity, Wiley-VCH, 2015.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF007 Vakuum- und Dünnschichtphysik	
Modulcode	PAFMF007
Modultitel (deutsch)	Vakuum- und Dünnschichtphysik
Modultitel (englisch)	Physics of Vacuum and Thin Films
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. P. Seidel, apl. Prof. Dr. F. Schmidl
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Experimentalphysik I und II, Festkörper, Thermodynamik und Statistik oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/ Materialwissenschaft“ Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Vakuumphysik und deren Anwendung in Beschichtungsanlagen; • Vakuumtechnik; • Übersicht der Dünnschichtabscheidungsverfahren; • Physik der Schichtbildungsprozesse und des Schichtwachstums; • Struktur-Eigenschaftsbeziehungen; • Mechanische und elektrische Eigenschaften; • Dünnschichttechnologien; • Schichtanalytik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe und Konzepte der Vakuum- und Dünnschichtphysik; • Schaffung anwendungsbereiter Grundkenntnisse.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%).

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMF009 Optoelektronik	
Modulcode	PAFMF009
Modultitel (deutsch)	Optoelektronik
Modultitel (englisch)	Optoelectronics
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. F. Schmidl
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ und „Optik“ Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Semiconductors • Optoelectronic devices • Photodiodes • Light emitting diodes • Semiconductor optical amplifier
Lern- und Qualifikationsziele	In this course the student will learn the fundamentals of semiconductor optical devices such as photodiodes, solar cells, LEDs, laser diodes and semiconductor optical amplifiers.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF010 Festkörpermodifikation mit Ionenstrahlen	
Modulcode	PAFMF010
Modultitel (deutsch)	Festkörpermodifikation mit Ionenstrahlen
Modultitel (englisch)	Ion Beam Modification of Materials
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. E. Wendler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Energieverlust der eingeschossenen Ionen durch nukleare und elektronische Wechselwirkung; Wirkung der übertragenen Energie im Festkörper (z.B. in Halbleitern und Keramiken); Nachweis und Modellierung der Schädigungsbildung und Amorphisierung; Anwendungsbeispiele.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte zur Ion-Festkörper-Wechselwirkung; • Anwendungen von Ionenstrahlen zur Modifikation von Materialien.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Nukleare Festkörperphysik (Schatz, Weidinger), • Ionenimplantation (Ryssel, Ruge), • Ion-Solid-Interactions (Nastasi, Mayer, Hirvonen), • High Energy Ion Beam Analysis (Götz, Gärtner).
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF011 Optische Eigenschaften von Festkörpern und Festkörperschichten	
Modulcode	PAFMF011
Modultitel (deutsch)	Optische Eigenschaften von Festkörpern und Festkörperschichten
Modultitel (englisch)	Optical Properties of Solids and Thin Solid Films
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. E. Wendler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Ableitung des Übergangs von den Maxwell-Gleichungen zu den Messgrößen Transmission und Reflexion für Vielschichtsysteme: (I) Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in makro-skopischen Medien: zeitliche und räumliche Dispersion, Dispersion und Dissipation, Kausalität und Kramers-Kronig-Relation; (II) lineare dielektrische Eigenschaften von Medien: Lorentz-Oszillator, Drude-Modell, Gitterschwingungen im Reststrahlbereich, Vergleich mit Eigenschaften realer Medien, Effektiv-Medien-Modelle; (III) Ableitung der Größen Transmission und Reflexion für Halbraum, Schicht und Vielschichtsysteme; (IV) Anwendungsbeispiele für Transmission und Reflexion an Vielschichtsystemen.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhang zwischen den Messgrößen Transmission und Reflexion und den wellenoptischen Eigenschaften von Licht; • grundlegende Kenntnisse zu linearen optischen Eigenschaften von Festkörpern; • typische Effekte von Transmission und Reflexion an realen Schichtsystemen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Vortrag (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur

- L.D. Landau und E.M. Lifschitz, Lehrbuch der Theoretischen Physik, Band VIII, Elektrodynamik der Kontinua, Akademie-Verlag Berlin
- F. Wooten, Optical Properties of Solids, Academic Press New York 1972
- P. Yeh, Optical Waves in Layered Media, John Wiley & Sons, New York 1988

Unterrichtssprache

Deutsch, Englisch

Modul PAFMF015 Nukleare Festkörperphysik	
Modulcode	PAFMF015
Modultitel (deutsch)	Nukleare Festkörperphysik
Modultitel (englisch)	Nuclear Solid State Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Mößbauereffekt; • Positronenvernichtung; • Magnetische Kernresonanz; • Myonen-Spin-Rotation; • Ionenstrahlanalytik
Lern- und Qualifikationsziele	Vertiefte Kenntnisse im Gebiet der Festkörperphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Schatz / Weidinger: „Nukleare Festkörperphysik“.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF016 Nanomaterialien und Nanotechnologie	
Modulcode	PAFMF016
Modultitel (deutsch)	Nanomaterialien und Nanotechnologie
Modultitel (englisch)	Nanomaterials und Nanotechnology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Theorie der Dimensionseffekte, • Elektronenquantisierung, • Einzelelektronen-Transistor, • Synthese von Nanomaterialien, • Charakterisierung von Nanomaterialien, • Materialsysteme: Kohlenstoffnanoröhren, Graphen, magnetische Nanomaterialien, Bionanomaterialien, • Anwendung und Technologie der Nanomaterialien.
Lern- und Qualifikationsziele	Vertiefte Kenntnisse im Gebiet der Festkörperphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	<ul style="list-style-type: none"> • Springer Handbook of Nanotechnology (Editor: B. Bushan), • Basics of Nanotechnology (Wiley, H.G. Rubahn), • Nanophysics and Nanotechnology (Wiley, E.L. Wolf), • Mesoscopic Electronics in Solid State Nanostructures (Wiley, T. Heinzel).
Empfohlene Literatur	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF017 Halbleiterphysik	
Modulcode	PAFMF017
Modultitel (deutsch)	Halbleiterphysik
Modultitel (englisch)	Physics of Semiconductors
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Festkörper oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ Wahlpflichtmodul im Studiengang B.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Charakteristische Eigenschaften von Halbleitern • Elektronische Eigenschaften • Halbleiter-Statistik • Transport in Halbleitern • pn-Übergang, Bipolare Bauelemente • Unipolare Bauelemente • Herstellung von Halbleitern, Bauelementetechnologie • organische Halbleiter
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Halbleiterphysik • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesen Gebieten.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF018 Quanteninformationstheorie	
Modulcode	PAFMF018
Modultitel (deutsch)	Quanteninformationstheorie
Modultitel (englisch)	Quantum Information Theory
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. W. Krech
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ und „Gravitations und Quantentheorie“ Wahlpflichtmodul im Studiengang B.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>Vorlesungen Drs. Eilenberger, Steinlechner</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic introduction to quantum optics; • Quantum light sources; • Encoding, • transmission and detection of information with quantum light; • Quantum communication and cryptography; • Quantum communication networks; • Outlook on Quantum metrology and Quantum imaging; <p>Vorlesungen PD Krech</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qubit • Quantenentropie der Information • Quanten-Datenkompression • Verborgene Quanteninformation/Nichtlokalität • Bellsche Ungleichungen • Entanglement

Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course will give a basic introduction into the usage of quantum states of light for the exchange of information. It will introduce contemporary methods for the generation of quantum light and schemes that leverage these states for the exchange of information, ranging from fundamental concepts and experiments to state of the art implementations for secure communication networks. The course will also give an outlook to aspects of Quantum metrology and imaging. After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of quantum information exchange and some aspects related to the practical implementation thereof. They will be able to apply their knowledge in the assessment and setup of experiments and devices for applications of quantum information processing.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung grundlegender Kenntnisse zur Übertragung und • Verarbeitung von Information mit Hilfe von Quantensystemen als Informationsträger • Informationstheoretische Beherrschung der Verschränktheit von Quantensystemen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Grynberg / Aspect / Fabre "Introduction to Quantum Optics"; • Boyd "Nonlinear Optics"; Kok / Lovett "Introduction to Optical Quantum Information Processing"; • Leuchs "Lectures on Quantum Information"; Sergienko "Quantum Communications and Cryptography"; • Ou / Jeff "Multi-Photon Quantum Interference";
Unterrichtssprache	Englisch (Drs. Steinlechner, Eilenberger) Deutsch (PD Krech)

Modul PAFMF019 Einführung in die Materialwissenschaft für Physiker	
Modulcode	PAFMF019
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Materialwissenschaft für Physiker
Modultitel (englisch)	Introduction to Material Science for Physicists
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. K. D. Jandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Darstellung materialwissenschaftlicher Grundlagen. • Atomare Struktur und Bindungsarten, • Struktur von Metallen und Keramik und Polymeren, • Störungen im Aufbau von Festkörpern, • Diffusion, • mechanische Eigenschaften von Materialien, • Deformations- und Verstärkungsmechanismen, Versagen
Lern- und Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls beherrscht der/die Studierende wichtige grundlegende Begriffe, Phänomene und Verfahren in der Materialwissenschaft bzw. kann diese nennen. Darüber hinaus entwickelt er/sie Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Materialwissenschaft
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • William D. Callister Jr, Fundamentals of Materials Science and Engineering – An integrated approach, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York 2009 • Alternativ: Werkstoffe 1 & 2. M. F. Ashby, D. R. H. Jones, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2006
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF020 Oberflächenphysik	
Modulcode	PAFMF020
Modultitel (deutsch)	Oberflächenphysik
Modultitel (englisch)	Surface Science
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Roman Forker / Prof. Dr. Torsten Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung Festkörperphysik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung wohldefinierter Oberflächen • Geometrische Struktur von Oberflächen • Adsorption, Desorption, Diffusion • Beugungsmethoden • Elektronische Struktur von Oberflächen • Elektronenmikroskopie • Rastersondenmethoden • Elektronenspektroskopie • Optische Spektroskopie
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Kenntnisse der Experimentalphysik, insbesondere der Oberflächenphysik der Festkörper • Erweiterte Kenntnisse der vielfältigen Untersuchungsmethoden zur Oberflächenanalytik und ihrer Anwendungen • Entwicklung der Fähigkeiten zur selbständigen Einarbeitung in anspruchsvolle, methodenübergreifende Themen der aktuellen Forschung auf dem Gebiet Oberflächenphysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung/Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Fauster/Hammer/Heinz/Schneider: Oberflächenphysik, Oldenbourg Verlag, 2013
Unterrichtssprache	Englisch, Deutsch auf Anfrage

Modul PAFMF021 Zweidimensionale Materialien	
Modulcode	PAFMF021
Modultitel (deutsch)	Zweidimensionale Materialien
Modultitel (englisch)	2D materials
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Giancarlo Soavi
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Required elective module M.Sc Physics focus Solid-state physics Required elective module M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Graphene: electrical and optical properties. Applications in electronic and optoelectronic. • Semiconducting 2D materials: Coulomb screening and the concept of excitons. Optical spectroscopy of excitons. Optoelectronic applications. • Heterostructures: electron and exciton interactions in layered heterostructures
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Mastering the basics and methods of two-dimensional materials • Ability to work independently on problems in the field of two-dimensional materials
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	M. I. Katsnelsons, Graphene Carbon in Two Dimensions C. F. Klingshirn, Semiconductor Optics Additional references (journal articles) will be provided during the course
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF098 Vertiefung Festkörperphysik I	
Modulcode	PAFMF098
Modultitel (deutsch)	Vertiefung Festkörperphysik I
Modultitel (englisch)	Advanced Solid State Physics I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung/Seminar: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Lern- und Qualifikationsziele	Vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft Aktuell: <ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung und Analytik von Nanopartikeln im Labor; • Erzeugung von Partikel- und Clusterstrahlen; • Kondensation und Evolution kosmischer Nanopartikel und deren spektrale Eigenschaften, Photolumineszenz; • Astrochemie im interstellaren Medium und planetaren Umgebungen • Materialklassen: Kohlenstoffnanopartikel, Fullerene, Russpartikel, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Silikate, metallhaltige Silikate, Eispartikel, komplexe molekulare Komponenten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben oder Vortrag (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF099 Vertiefung Festkörperphysik II	
Modulcode	PAFMF099
Modultitel (deutsch)	Vertiefung Festkörperphysik II
Modultitel (englisch)	Advanced Solid State Physics II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung/Seminar: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft.
Lern- und Qualifikationsziele	Vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben oder Vortrag (Umfang wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMO100 Beschleunigerbasierte moderne Physik	
Modulcode	PAFMO100
Modultitel (deutsch)	Beschleunigerbasierte moderne Physik
Modultitel (englisch)	Accelerator-based Modern Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Th. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundlagen der Atomphysik, Grundlagen der Elektrodynamik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ und „Festkörperphysik/Materialwissenschaften“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS, Übung: 1 SWS or Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	75 h
Inhalte	Basic concepts of particle accelerators, application of accelerators in basic science and medicine, landmark experiments
Lern- und Qualifikationsziele	Gaining an overview of the various applications of particle accelerators, in particular for basic science, ability to solve exercise and to prepare a presentation
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe von Übungsaufgaben oder Vortrag
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • J. Eichler, • Vorlesungen on Ion-Atom Collisions (Elsevier Science); • W. R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer)
Unterrichtssprache	Englisch (Deutsch auf Anfrage)

Modul PAFMO101 Active Photonic Devices	
Modulcode	PAFMO101
Modultitel (deutsch)	Active Photonic Devices
Modultitel (englisch)	Active Photonic Devices
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Schmidt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in electrodynamics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 40 h 80 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction; • Electro-optical modulation; • Acousto-optical devices; • Magneto-optics and optical isolation; • Integrated lasers; • Non-Linear devices for light generation;
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this course is to give a comprehensive overview about active photonic devices such as switches or modulators. The course starts by a crisp introduction to the most important parameters and physical principles. The lecture will then focus onto real-world devices including the areas of electro-optics, waveguides, acousto-optics, magneto-optics and non-linear optics. During this lecture we will discuss the fundamental principles as well as devices currently employed in photonics. This lecture will provide the students a base for their Master's thesis.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • J. D. Jackson: Electrodynamics; • Yariv: Optical Electronics in Modern Communications; • Born/Wolf: Principles of Optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO102 Analytical Instrumentations	
Modulcode	PAFMO102
Modultitel (deutsch)	Analytical Instrumentations
Modultitel (englisch)	Analytical Instrumentations
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Adriana Szeghalmi, Prof. Dr. Andreas Tünnermann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Atomic and molecular structure • Basics of atomic spectroscopy techniques • Molecular spectroscopy: absorption, emission, vibrational and spectroscopy and microspectroscopy, basics of magnetic resonance spectroscopy • Hardware of spectrometers/ microscopes: light sources, detectors, optics, material point of view • Current applications and relevance in material and life sciences
Lern- und Qualifikationsziele	In this course, the student will learn about analytical methods to investigate structure and composition of matter. Basic principles of atomic and molecular structure will be refreshed towards better understanding experimental analysis techniques such as spectrophotometry, ellipsometry, fluorescence, infrared, Raman, etc. spectroscopy or microscopy. The course will focus on technological aspects of the experimental setup in analytical instrumentations. Modern applications of analytical instrumentations in material and life sciences will be discussed. After successful completion, the student will know their capabilities and limitations.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Atkins: Physical Chemistry (partial)• Lakowicz: Principles of fluorescence spectroscopy (partial)• Selected research publications and technical notes
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO103 Applied Laser Technology I	
Modulcode	PAFMO103
Modultitel (deutsch)	Applied Laser Technology I
Modultitel (englisch)	Applied Laser Technology I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Eggeling, Prof. Dr. R. Heintzmann, Prof. Dr. H. Stafast
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Overview over laser beam applications as a contactless and remote probe (macroscopic and microscopic, cw and ultrafast, dealing with spectroscopy, metrology, sensing, and multi-dimensional microscopy) • Fundamental concepts of related physical and physico-chemical effects <ul style="list-style-type: none"> • Absorption and emission of light (selection rules) • Ultrafast coherent excitation and relaxation (linear and non-linear optical processes) • Light reflection and elastic/inelastic scattering
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • The course covers the fundamentals and concepts of the selected laser applications. • Learning to develop own solutions for challenges in laser applications
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.) Seminarvortrag
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Laser Spectroscopy, W. Demtröder, Springer • Molekülphysik und Quantenchemie, H. Haken u H. C. Wolf, Springer • Lasers in Chemistry, M. Lackner edit., Wiley-VCH 2008
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO104 Applied Laser Technology II	
Modulcode	PAFMO104
Modultitel (deutsch)	Applied Laser Technology II
Modultitel (englisch)	Applied Laser Technology II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Eggeling, Prof. Dr. R. Heintzmann, Prof. Dr. H. Stafast
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Applied Laser Technology using the laser as a tool (microscopic and macroscopic light-materials' interactions, materials' preparation and modifications.) with the exception of classical laser materials' processing (e.g. cutting, drilling, welding, soldering)
Lern- und Qualifikationsziele	In various selected topics out of the broad field of laser applications, the students should acquire knowledge of laser-material interactions (e.g. atom cooling and optical tweezer), laser induced processes in gases, liquids, and matrices (incl. laser isotope separation), materials' preparation and structuring by ablation, deposition and/or modification.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	R. Paschotta, Encyclopedia of Laser Physics and Technology, Wiley-VCH
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO106 Atomic Physics at High Field Strengths	
Modulcode	PAFMO106
Modultitel (deutsch)	Atomic Physics at High Field Strengths
Modultitel (englisch)	Atomic Physics at High Field Strengths
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Th. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse in Atomphysik und Elektrodynamik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“, "Festkörperphysik/Materialwissenschaften" Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Strong field effects on the atomic structure • Relativistic and QED effects on the structure of heavy ions • X-ray spectroscopy of high-Z ions • Application in x-ray astronomy • Penetration of charged particles through matter • Particle dynamics in of atoms and ions in strong laser fields • Relativistic ion-atom and ion-electron collisions • Fundamental interaction processes • Scattering, absorption and energy loss • Detection methods • Particle creation
Lern- und Qualifikationsziele	The Module provides insight into the basic techniques and concepts in physics related to extreme electromagnetic fields. Their relevance to nowadays applications will be discussed in addition. The Module also introduces the basic interaction processes of high-energy photon and particle beams with matter, including recent developments of high intensity radiation sources, such as free electron lasers and modern particle accelerators. Experimental methods and the related theoretical description will be reviewed in great detail.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• J. Eichler, Lectures on Ion-Atom Collisions (Elsevier Science);• W. R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer)
Unterrichtssprache	Englisch (Deutsch auf Anfrage)

Modul PAFMO107 Attosecond Laser Physics	
Modulcode	PAFMO107
Modultitel (deutsch)	Attosecond Laser Physics
Modultitel (englisch)	Attosecond Laser Physics
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. A. Pfeiffer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Strong-Field Laser Physics or equivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Coherent electron dynamics in atoms and molecules; • Strong field effects and ionization; • High harmonic generation and phase matching; • Techniques for attosecond pulse generation; • Transient absorption; • Attosecond quantum optics with few-level quantum models.
Lern- und Qualifikationsziele	The course gives an introduction into the young research field of attosecond physics. Electron dynamics in atoms and molecules on the attosecond time scale (which is the natural timescale for bound electrons) will be discussed, along with modern techniques for attosecond pulse generation and characterization.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	Zenghu Chang, Fundamentals of Attosecond Optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO120 Biomedical Imaging - Ionizing Radiation	
Modulcode	PAFMO120
Modultitel (deutsch)	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation
Modultitel (englisch)	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. R. Reichenbach, Prof. Dr. E. Förster
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to biomedical and medical imaging systems; • Physical principles behind the design of selected imaging systems; • Technological aspects of each modality; • Spatial and temporal resolution; • Importance of each modality concerning physical, biological and clinical applications.
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course introduces the physical principles, properties and technical concepts of imaging systems as they are applied today in medicine and physics. The focus is laid on the use and application of ionizing radiation, which has always been an important aspect of the application of physics to medicine. Applications and current developments will be presented. After having actively participated the students should demonstrate a critical understanding of the theoretical basis and technologies of these imaging systems and have acquired an appreciation of instrumentation and practical issues with different imaging systems. The course is independent of the course Biomedical Imaging – Non-Ionizing Radiation offered in the 2nd semester and does not require previous participation of that course.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Oppelt, Imaging Systems for Medical Diagnostics: Fundamentals, Technical Solutions and Applications for Systems Applying Ionizing Radiation, Nuclear Magnetic Resonance and Ultrasound, Publicis, 2nd edition, 2006;• P. Suetens, Fundamentals of Medical Imaging, Cambridge University Press; 2nd edition, 2009;• W.R. Hendee, E.R. Ritenour, Medical Imaging Physics, Wiley-Liss, 4th edition, 2002.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO121 Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation	
Modulcode	PAFMO121
Modultitel (deutsch)	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation
Modultitel (englisch)	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. R. Reichenbach, Prof. Dr. E. Förster
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to imaging systems; • Physical principles behind the design of selected biomedical imaging systems, including magnetic resonance imaging, ultrasound imaging; • Technological aspects of each modality; • Importance of each modality concerning physical, biological and clinical applications.
Lern- und Qualifikationsziele	The course introduces physical principles, properties and technical concepts of imaging systems as they are applied today in medicine and physics. The focus is laid on the use and application of non-ionizing radiation, as utilized, e.g., with magnetic resonance imaging or ultrasound imaging. Applications and current developments will be presented. After active participation the students should demonstrate a critical understanding of the theoretical basis and technologies of these imaging systems and have acquired an appreciation of instrumentation and practical issues with different imaging systems. The course is independent of the course Biomedical Imaging – Ionizing Radiation offered in the 3rd semester.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Oppelt. Imaging Systems for Medical Diagnostics: Fundamentals, Technical Solutions and Applications for Systems Applying Ionizing Radiation, Nuclear Magnetic Resonance and Ultrasound, Publicis, 2nd edition, 2006;• J.T. Bushberg et al., The Essential Physics of Medical Imaging, Lippincott Raven, 3rd edition, 2011;• R.W. Brown, Y.-C. N. Cheng, E. M. Haacke, M.R. Thompson, R. Venkatesan, Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Wiley, 2nd edition, 2014.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO122 Biophotonics	
Modulcode	PAFMO122
Modultitel (deutsch)	Biophotonics
Modultitel (englisch)	Biophotonics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Heintzmann, Prof. Dr. Ralf Ehrlich
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	<p>The Module provides a deep introduction into the multitude of possible linear and non-linear light biological matter interaction phenomena and thus in modern techniques and applications of frequency-, spatially-, and time-resolved bio-spectroscopy. The course presents a comprehensive overview over modern spectroscopic and optical imaging techniques inclusive specific theoretical methodologies to analyze the experimental spectroscopic data to resolve problems in life sciences.</p> <p>The biological part introduces to molecular and cellular properties of living organisms. It explains the basic structures and functions of prokaryotic and eukaryotic cells as well as the most important biochemical substance classes and biochemical pathways where they are involved. Furthermore, basics in microbiology, especially in antimicrobial resistant bacteria will be provided and combined with the introduction of diagnostic principles and selected infectious diseases. Examples for molecular and serological assay and test development and basic methods for diagnostics and epidemiology will be discussed. This sets the stage for biophotonic applications by showing several examples of how biophotonics can help to shed light on biologically and clinically relevant processes.</p> <p>The Module spans aspects of the scientific disciplines chemistry, physics, biology and medicine. The Exercises will be partly calculating examples and partly in the form a seminar talks of the students presenting current research publications.</p> <p>Intended learning outcomes: The aim of this course is to present modern methods in spectroscopy, microscopy, molecular biology, microbiology and imaging dedicated to biological samples. After the course the students will be able to choose and to apply appropriate spectroscopic methods and imaging technologies to resolve special biophotonics problems.</p>
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this course is to present modern methods in spectroscopy, microscopy and imaging dedicated to biological samples. After the course the students will be able to choose and to apply appropriate spectroscopic methods and imaging technologies to resolve special biophotonic problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Paras N. Prasad, Introduction to Biophotonics • Textbooks on laser spectroscopy, e.g. Demtröder; on quantum mechanics, e.g. Atkins and on optics, e.g. Zinth/Zinth • Jerome Mertz: Introduction to Optical Microscopy, Roberts & Company Publishers, 2010 • Selected chapters of Handbook of Biophotonics (Ed. J. Popp) WILEY
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO130 Computational Photonics	
Modulcode	PAFMO130
Modultitel (deutsch)	Computational Photonics
Modultitel (englisch)	Computational Photonics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the problem – Maxwell's equations and the wave equation; • Free space propagation techniques; • Beam propagation methods applied to problems in integrated optics; • Mode expansion techniques applied to stratified media; • Mode expansion techniques applied to spherical and cylindrical objects; • Multiple multipole technique; • Boundary integral method; • Finite-Difference Time-Domain method; • Finite Element Method; • Computation of the dispersion relation (band structure) of periodic media; • Mode expansion techniques applied to gratings; • Other grating techniques; • Contemporary problems in computational photonics.
Lern- und Qualifikationsziele	The course aims at an introduction to various techniques used for computer based optical simulation. Therefore, the student should learn how to solve Maxwell's equations in homogenous and inhomogeneous media rigorously as well as on different levels of approximation. The course concentrates predominantly on teaching numerical techniques that are useful in the field of micro- and nanooptics.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	Taflove and S.C. Hagness, Computational Electrodynamics
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO131 Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter	
Modulcode	PAFMO131
Modultitel (deutsch)	Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter
Modultitel (englisch)	Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Th. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Atom- und Kernphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ , "Festkörperphysik/Materialwissenschaften" Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS, Excercise: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<p>Vorlesung 1: "X-ray spectroscopy of hot plasmas"</p> <ul style="list-style-type: none"> • basic properties of atomic systems (level structure, transition rates, etc.) • atomic charge-exchange processes in plasmas, charge state distributions • creation of plasmas: facilities for stored and trapped ions • x-ray detectors and techniques for spectroscopy and polarimetry • x-ray diagnosis of plasmas in the laboratory and nature <p>Vorlesung 2: "Nuclear matter and the formation of elements"</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of nuclear matter • Stability of the atomic nucleus • Nuclear models and masses of atomic nuclei • Nuclear processes related to the creation of the elements • Nuclear radiation and radiation detectors • Experimental techniques
Lern- und Qualifikationsziele	Gaining an overview of experiments addressing astrophysical topics, in particular concerning ionized matter
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die o.g. Vorlesungen werden wechselnd angeboten.
Unterrichtssprache	Englisch (Deutsch auf Anfrage)

Modul PAFMO132 Design and Correction of Optical Systems	
Modulcode	PAFMO132
Modultitel (deutsch)	Design and Correction of Optical Systems
Modultitel (englisch)	Design and Correction of Optical Systems
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse physikalische und geometrische Optik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic technical optics; • Paraxial optics; • Imaging systems; • Aberrations; • Performance evaluation of optical systems; • Correction of optical systems; • Optical system classification; • Special system considerations.
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the fundamental principles of classical optical system design, the performance assessment and the correction of aberrations. In combination of geometrical optics and physical theory the students will learn the basics to understand optical systems, which can be important for experimental work.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO140 Diffractive Optics	
Modulcode	PAFMO140
Modultitel (deutsch)	Diffractive Optics
Modultitel (englisch)	Diffractive Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Wyrowski
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Modeling diffraction of light fields • Diffraction vs. scattering • Diffraction at gratings • Diffractive and Fresnel lens modeling and design • Modeling and design of diffractive beam splitters and diffusers • Modeling of microlens arrays • Modeling and design of cell-oriented diffractive elements • Application and modeling of Spatial Light Modulators (SLM)
Lern- und Qualifikationsziele	Diffractive optics is widely recognized as an important enabling technology in modern optics. The control of light fields by microstructured media, which is the essence of diffractive optics, opens a large number of avenues in optical research and engineering. In this lecture, the basic modeling and design principles of diffractive optics are considered. Various scenarios from different applications are investigated.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • E. Hecht and A. Zajac, Optics • M. Born and E. Wolf, Principles of Optics • J. Turunen and F. Wyrowski, Diffractive Optics for industrial and commercial applications, Akademie Verlag, 1997
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO150 Erneuerbare Energien	
Modulcode	PAFMO150
Modultitel (deutsch)	Erneuerbare Energien
Modultitel (englisch)	Renewable Energies
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics Wahlpflichtmodul LA Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basics of energy supply in Germany; • Potential of renewable energies; • Principles of the energy balance of planets • Thermodynamics of the atmosphere; • Physics of wind energy systems; • Elements of solar power generation.
Lern- und Qualifikationsziele	Teaching of knowledge on the fundamentals of renewable energies. Development of skills for the independent evaluation of different types of renewable energies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Gasch, Tvele: Windkraftanlagen; • De Vos: Thermodynamics of Solar Energy Conversion.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch auf Nachfrage

Modul PAFMO151 Experimental Nonlinear Optics	
Modulcode	PAFMO151
Modultitel (deutsch)	Experimental Nonlinear Optics
Modultitel (englisch)	Experimental Nonlinear Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Propagation of light in crystals; • Properties of the non-linear susceptibility tensor; • Description of light propagation in non-linear media; • Parametric effects; • Second harmonic generation; • Phase-matching; • Propagation of ultrashort pulses; • High-harmonic generation; • Solitons
Lern- und Qualifikationsziele	This course gives an introduction to optics in non-linear media and discusses the main non-linear effects.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Boyd, Non-Linear optics; • Zernike/Midwinter, Applied non-linear optics; • Sauter, Non-Linear optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO160 Fiber Optics	
Modulcode	PAFMO160
Modultitel (deutsch)	Fiber Optics
Modultitel (englisch)	Fiber Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Schmidt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Properties of optical fibers; • Light propagation in optical fibers; • Technology and characterization techniques; • Special fiber types (photonic crystal fibers, hollow fibers, polarization maintaining fibers); • Fiber devices (e.g. fiber amplifiers and lasers); • Applications
Lern- und Qualifikationsziele	This course introduces properties of different types of optical fiber waveguides. Applications of optical fibers and optical sensing will be discussed.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Snyder/Love, Optical Waveguide Theory; • Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO165 Grundlagen der Laserphysik	
Modulcode	PAFMO165
Modultitel (deutsch)	Grundlagen der Laserphysik
Modultitel (englisch)	Fundamentals of Laser Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. Limpert, Dr. Jan Rothhardt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse in Quantenmechanik sowie Atom- und Molekülphysik, bspw. Module PAFBT411, PAFBE311.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Laserprinzip und wesentliche Lasertypen; • Pumpkonzepte und optische Verstärkung; • stabile und instabile Resonatoren; • Einfrequenzlaser; • Ultrakurzpulslaser; • wesentliche Lasertypen und ihre Merkmale.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Phys. Grundlagen der Absorption und Emission; • Inversion/optische Verstärkung; • Konzepte zur Erzeugung kohärenten Lichts; • Laserprinzip; • Grundprinzipien der nichtlinearen Optik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Optik, Licht und Laser, D. Meschede; • Lasers, T. Siegman; • Laser, F. K. Kneubühl; • Laser – Grundlagen, Systeme, Anwendungen, J. und H.-J. Eichler, Springer; • Laser Spectroscopy, W. Demtröder.

Unterrichtssprache	Deutsch
--------------------	---------

Modul PAFMO170 High-Intensity/Relativistic Optics	
Modulcode	PAFMO170
Modultitel (deutsch)	High-Intensity/Relativistic Optics
Modultitel (englisch)	High-Intensity/Relativistic Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • High-intensity laser technology; • Laser plasma physics; • Laser accelerated particles and applications.
Lern- und Qualifikationsziele	The interaction of high intensity light fields with matter is the subject of this course. The students should learn the basic ideas of high intensity laser technology and its applications.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • W. L. Kruer, The Physics of Laser Plasma Interactions, Westview press (2003), Boulder Colorado; • P. Gibbon, Short Pulse Laser Interactions with Matter, Imperial College Press (2005), London; • F. F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Vol. 1: Plasma Physics, Springer (1984).
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO171 Geschichte der Optik	
Modulcode	PAFMO171
Modultitel (deutsch)	Geschichte der Optik
Modultitel (englisch)	History of Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielman, Dr. C. Forstner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	The seminar covers the history of optics from the antiquity to the 20th century: Starting with Greek theories of vision and ending with quantum optics. A strong focus will be given on the development of concepts and experiments that influenced today's thinking about light and optics, such as wave particle dualism or the Abbe diffraction limit. An excursion to the Jena's Optical Museum is part of the seminar.
Lern- und Qualifikationsziele	In close collaboration with the supervisor, the student will work on an independent project. The students will develop the ability to evaluate critically the arguments and analytical methods of historians. They will learn developing their own interpretations based on critical assessments of primary source evidence and independent research.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Scientific Talk (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • David C. Lindberg, Theories of Vision from al Kindi to Kepler. Chicago: University of Chicago Press, 1976. • Olivier Darrigol, A History of Optics: From Greek Antiquity to the Nineteenth Century. Oxford: Oxford University Press, 2012. • Helge Kragh, Quantum Generations: A History of Physics of the Twentieth Century. Princeton: Princeton University Press, 1999.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMO180 Image Processing	
Modulcode	PAFMO180
Modultitel (deutsch)	Image Processing
Modultitel (englisch)	Image Processing
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Joachim Denzler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Digital image fundamentals (Image Sensing and Acquisition, Image Sampling and Quantization) • Image Enhancement in the Spatial Domain (Basic Gray Level Transformations, Histogram Processing, Spatial Filtering) • Image Enhancement in the Frequency Domain (Introduction to the Fourier-Transform and the Frequency Domain, Frequency Domain Filtering, Homomorphic Filtering) • Image Restoration (Noise Models, Inverse Filtering, Geometric Distortion) • Color Image Processing Image Segmentation (Detection of Discontinuities, Edge Linking and Boundary Detection, Thresholding, Region-Based Segmentation) • Representation and Description Applications
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers the fundamentals of digital image processing. Based on this the students should be able to identify standard problems in image processing to develop individual solutions for given problems and to implement image processing algorithms for use in the experimental fields of modern optics.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	Gonzalez, Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2001
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO181 Image Processing in Microscopy	
Modulcode	PAFMO181
Modultitel (deutsch)	Image Processing in Microscopy
Modultitel (englisch)	Image Processing in Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Heintzmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	All the image processing and simulations will be practiced in exercises. The student needs to be familiar with programming at a basic level and with basic concepts of image processing such as filtering and thresholding. The Image Processing lecture by Prof. Denzler in the second term forms a good basis for this course.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	We will show different methodologies to extract specific information such as for example the average speed of diffusing particles or the locations and areas of cells from the multidimensional image data. Also fitting quantitative models to extracted data will be treated. Simulation of far-field intensity distribution by using simple Fourier-space based approaches is treated with and without considering the vectorial nature of the oscillating electro-magnetic field.
Lern- und Qualifikationsziele	Current microscopy often acquires a large amount of image data from which the biological or clinical researcher often needs to answer very specific questions. A major topic is the reconstruction of the sample from the acquired, often complex, microscopy data. To solve such inverse problems, a good model of the data acquisition process is required, ranging from assumptions about the sample (e.g. a positive concentration of molecules per voxel), assumptions about the imaging process (e.g. the existence of an incoherent spatially invariant point spread function) to modeling the noise characteristics of the detection process (e.g. read noise and photon noise).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Unterrichtssprache	Englisch, Deutsch auf Nachfrage
--------------------	---------------------------------

Modul PAFMO182 Imaging and Aberration Theory	
Modulcode	PAFMO182
Modultitel (deutsch)	Imaging and Aberration Theory
Modultitel (englisch)	Imaging and Aberration Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in geometrical and physical optics.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Paraxial imaging; • Basics of optical systems; • Eikonal theory; • Geometrical aberrations, representations, expansion; • Detailed discussion of primary aberrations; • Sine condition, isoplanatism, afocal cases; • Wave aberrations and Zernike representation; • Miscellaneous aspects of aberration theory.
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the fundamental principles of classical optical imaging and aberration theory of optical systems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO183 Introduction to Nanooptics	
Modulcode	PAFMO183
Modultitel (deutsch)	Introduction to Nanooptics
Modultitel (englisch)	Introduction to Nanooptics
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. I. Staude, Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Fundamental knowledge on modern optics and condensed matter physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Surface-plasmon-polaritons; • Plasmonics; • Photonic crystals; • Fabrication and optical characterization of nanostructures; • Photonic nanomaterials / metamaterials / metasurfaces; • Optical nanoemitters; • Optical nanoantennas.
Lern- und Qualifikationsziele	The course provides an introduction to the broad research field of nanooptics. The students will learn about different concepts which are applied to control the emission, propagation, and absorption of light at subwavelength spatial dimensions. Furthermore, they will learn how nanostructures can be used to optically interact selectively with nanoscale matter, a capability not achievable with standard diffraction limited microscopy. After successful completion of the course the students should be capable of understanding present problems of the research field and should be able to solve basic problems using advanced literature.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Keine

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Module mark (100%) Consists of a written examination and an oral presentation on a current research topic.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics, Cambridge 2006;• P. Prasad, Nanophotonics, Wiley 2004;• J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, R. D. Meade, Photonic Crystals – Molding the Flow of Light, Princeton University Press (2008)• list of selected journal publications given during the lecture.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO200 Laser Driven Radiation Sources	
Modulcode	PAFMO200
Modultitel (deutsch)	Laser Driven Radiation Sources
Modultitel (englisch)	Laser Driven Radiation Sources
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Matt Zepf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in electrodynamics and plasma physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Laser Plasma Interactions • Principles of Plasma Accelerators • Ultrafast Photon Sources • Scattering of photons from particle beams
Lern- und Qualifikationsziele	The course introduces the basic interaction processes of high-energy lasers with plasmas and particle beams with a particular emphasis on the extremely intense sources of proton, electron and photons with pulse durations in the femtosecond regime.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	presentation and/or oral examination (100%)
Empfohlene Literatur	Gibbon, Short Pulse Laser Interactions with Matter
Unterrichtssprache	Englisch/Deutsch auf Nachfrage

Modul PAFMO201 Laser Engineering	
Modulcode	PAFMO201
Modultitel (deutsch)	Laser Engineering
Modultitel (englisch)	Laser Engineering
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Malte Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Elektrodynamik und Laserphysik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • origin and dependencies of absorption and emission cross sections • Ytterbium based laser media • design of laser diode pump engines, • special topics in geometrical optics for amplifier design • basic calculations for layout of diode pumped high energy amplifiers • Ytterbium based laser materials and cryogenic cooling • limitations and special topics (laser induced damage threshold (LIDT), amplified spontaneous emission (ASE) ...)
Lern- und Qualifikationsziele	This is an application oriented course focusing on topics needed for development and design of diode pumped high energy class laser systems. Besides general topics the main part of this lecture is dedicated to ytterbium based laser systems. Besides basic knowledge like the spectral properties of laser materials and their significance for a laser system, further key topics like laser induced damage thresholds, laser diode pump engines, modeling of amplification and amplified spontaneous emission will be discussed.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Koechner, W. (2013). Solid-state laser engineering (Vol. 1). Springer.• Träger, F. (Ed.). (2012). Springer handbook of lasers and optics. Springer Science & Business Media.• Wood, R. M. (2003). Laser-induced damage of optical materials. CRC Press.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO203 Lens Design I	
Modulcode	PAFMO203
Modultitel (deutsch)	Lens Design I
Modultitel (englisch)	Lens Design I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse geometrische und physikalische Optik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction and user interface; • Description and properties of optical systems; • Geometrical and wave optical aberrations; • Optimization; • Imaging simulation; • Introduction into illumination systems; • Correction of simple systems; • More advanced handling and correction methods.
Lern- und Qualifikationsziele	This course gives an introduction in layout, performance analysis and optimization of optical systems with the software Zemax.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO204 Lens Design II	
Modulcode	PAFMO204
Modultitel (deutsch)	Lens Design II
Modultitel (englisch)	Lens Design II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Abbildungsfehler und optische Systeme
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Paraxial imaging and basic properties of optical systems; • Initial systems and structural modifications; • Chromatical correction; • Aspheres and freeform surfaces; • Optimization strategy and constraints; • Special correction features and methods; • Tolerancing and adjustment.
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the advanced principles of the development of optical systems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO205 Light Microscopy	
Modulcode	PAFMO205
Modultitel (deutsch)	Light Microscopy
Modultitel (englisch)	Light Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Heintzmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>Starting from geometrical optics the imaging system will be described and optical aberrations will be discussed. Moving on to wave optics monochromatic waves will be taken as the basis for the description of coherent imaging. Combined with scattering theory in the 1st Born approximation a fundamental understanding of the possibilities and limitations in imaging is gained. The concept of the amplitude transfer function and McCutchens 3-dimensional pupil function are introduced. On this basis various coherent imaging modes are discussed including holographic approaches and their limitations, and optical coherent tomography.</p> <p>The working principles of light-detectors are discussed and the requirements for appropriate sampling of images.</p> <p>Finally various modes of fluorescence microscopy and high-resolution microscopy will be covered.</p> <p>The exercises will be calculating examples, also involving hands-on computer based modeling using Matlab and other tools.</p>
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding of the working principles of modern light microscopes and microscopic methods ranging from standard methods to modern superresolution techniques.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO206 Light Source Modeling	
Modulcode	PAFMO206
Modultitel (deutsch)	Light Source Modeling
Modultitel (englisch)	Light Source Modeling
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Wyrowski
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Special cases of monochromatic fields • Gaussian beams and its propagation • Electromagnetic coherence theory; cross spectral density • Cross spectral density and polarization matrices • Stokes vectors and Mueller matrix • Mode decomposition of general source fields • Elementary mode decomposition • System modeling with partially coherent source fields • System modeling with ultrashort pulses • All techniques are demonstrated at hands-on examples
Lern- und Qualifikationsziele	The application and usage of optical technologies benefit significantly from the ever growing variety of light sources with different characteristics and reasonable prices. LEDs, lasers and laser diodes have become indispensable in numerous applications and devices. Ultrashort pulses are on the way to industrial and medical applications. X-ray sources are of increasing importance. All those sources require a suitable approach in optical modeling and design. The students will get a comprehensive overview of different source modeling techniques of practical importance in optical modeling and design.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• E. Hecht and A. Zajac, Optics• M. Born and E. Wolf, Principles of Optics• L. Mandel and E. Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics• B.E.A. Saleh and M.C. Teich, Fundamentals of Photonics
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO220 Micro/Nanotechnology	
Modulcode	PAFMO220
Modultitel (deutsch)	Micro/Nanotechnology
Modultitel (englisch)	Micro/Nanotechnology
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Uwe Zeitner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • demands of micro- and nano-optics on fabrication technology • basic optical effects of micro- and nano-structures and their description • typical structure geometries in micro- and nano-optics • coating technologies • lithography (photo-, laser-, electron-beam) and its basic physical principles • sputtering and dry etching • special technologies (melting, reflow, ...) • applications and examples
Lern- und Qualifikationsziele	In this course the student will learn about the fundamental fabrication technologies which are used in microoptics and nanooptics. This includes an overview of the physical principles of the different lithography techniques, thin film coating and etching technologies. After successful completion of the course the students should have a good overview and understanding of the common technologies used for the fabrication of optical micro- and nano-structures. They know their capabilities and limitations.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO221 Microscopy	
Modulcode	PAFMO221
Modultitel (deutsch)	Microscopy
Modultitel (englisch)	Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Heintzmann, Prof. Dr. C. Eggeling
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Optical microscopy • Circumventing the resolution limit • Electron microscopy • Atomic force microscopy
Lern- und Qualifikationsziele	This Module provides an introduction into the fundamentals of modern light and electron microscopy.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO222 Moderne Methoden der Spektroskopie	
Modulcode	PAFMO222
Modultitel (deutsch)	Moderne Methoden der Spektroskopie
Modultitel (englisch)	Modern Methods of Spectroscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Kenntnisse auf dem Gebiet der Optik, Atomphysik, Laserphysik.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen Licht-Materie-Wechselwirkung; • Experimentelle Hilfsmittel der Spektroskopie; • Laserspektroskopie; • Zeitaufgelöste Spektroskopie; • Laserkühlung; • THz- und Röntgenspektroskopie; • Photoelektronenspektroskopie; • Anwendungen von Laserspektroskopie in Physik, Chemie, Medizin.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Methoden der Spektroskopie basierend auf neuen Entwicklungen in der Optik; • Vermittlung von Wissen über Auslegung eines spektroskopischen Experiments ; • Befähigung zum selbstständigen Lösen spektroskopischer Fragestellungen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Seminar.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFMO230 Nano Engineering	
Modulcode	PAFMO230
Modultitel (deutsch)	Nano Engineering
Modultitel (englisch)	Nano Engineering
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Stephanie Höppener, Prof. Dr. Ulrich S. Schubert
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Building with Molecules • Self-organization and self-assembled coatings • Chemically sensitive characterization methods • Nanomaterials for optical applications • Nanowires and nanoparticles • Nanomaterials in optoelectronics • Bottom-up synthesis strategies and nanolithography • Polymers and self-healing coatings • Molecular motors • Controlled polymerization techniques

Lern- und Qualifikationsziele	<p>A large diversity of nanomaterials can be efficiently produced by utilizing chemical synthesis strategies. The wide range of nanomaterials, i.e., nanoparticles, nanotubes, micelles, vesicles, nanostructured phase separated surface layers etc. opens on the one hand versatile possibilities to build functional systems, on the other hand also the large variety of techniques and processes to fabricate such systems is also difficult to overlook.</p> <p>Traditionally the communication in the interdisciplinary field of nanotechnology is difficult, as expertise from different research areas is combined. This course aims on the creation of a common basic level for communication and knowledge of researchers of different research fields and to highlight interdisciplinary approaches which lead to new fabrication strategies. The course includes basic chemical synthesis strategies, molecular self-assembly processes, chemical surface structuring, nanofabrication and surface chemistry to create a pool of knowledge to be able to use molecular building blocks in future research projects.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben/kleinen Tests (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • G. Cao, Nanostructures & Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications, Imperial College Press, 2004 • G.A. Ozin, A.C. Arsenault, L. Cademartiri, A Chemical Approach to Nanomaterials, Royal Soc. Of Chemistry, 2nd Ed., 2009 • L.F. Chi, Nanotechnology Vol. 8 Nanostructured Surfaces, Wiley-VCH, 2010
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO231 Nonlinear Dynamics in Optical Systems	
Modulcode	PAFMO231
Modultitel (deutsch)	Nonlinear Dynamics in Optical Systems
Modultitel (englisch)	Nonlinear Dynamics in Optical Systems
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. U. Peschel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in electrodynamics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Non-Linear dynamics in optical fibers and waveguides • Solution of non-linear partial differential equations • Solitons and collapse in optical systems • Super continuum generation
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding the theoretical fundamentals of non-linear dynamics in optical systems
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Agrawal, Govind P. Non-Linear optics • Moloney, Jerome V., Newell Alan C., Non-Linear Optics • Y.S.Kivshar and G.Agrawal, Optical Solitons: From Fibers to Photonic Crystals
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch auf Anfrage

Modul PAFMO242 Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids	
Modulcode	PAFMO242
Modultitel (deutsch)	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids
Modultitel (englisch)	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids
Modul-Verantwortliche/r	Dr. habil. Thomas Mayerhöfer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Reflection and Refraction at anisotropic interfaces (Yeh's formalism, Berreman formalism, special cases, Euler orientation representations, example spectra etc.) • Dispersion relations in isotropic and anisotropic crystals (Lorentz-model, coupled oscillator model, semi-empirical 4-Parameter model, inverse dielectric function modelling etc.) • Dispersion analysis of crystals and layered systems down to triclinic symmetry and, ultimately, without prior knowledge of orientation; • consequences for randomly-oriented or partly-oriented systems.
Lern- und Qualifikationsziele	The students will acquire an understanding how the optical properties of anisotropic materials are connected with the material properties and how they depend on frequency. The final goal is to be able to quantitatively understand and analyze spectral patterns of crystals and layers of arbitrary symmetry and orientation.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Optical Waves in Layered Media, Pochi Yeh, Wiley, 2005 • Absorption and Scattering of Light by Small Particles Craig F. Bohren, Donald R. Huffman, 1998 • The Infrared spectra of minerals, Victor Colin Farmer, Mineralogical Society, 1974
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO250 Particles in Strong Electromagnetic Fields	
Modulcode	PAFMO250
Modultitel (deutsch)	Particles in Strong Electromagnetic Fields
Modultitel (englisch)	Particles in Strong Electromagnetic Fields
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Matt Zepf, Dr. Sergey Rykavanov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Elektrodynamik und spezielle Relativitätstheorie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Electrons in constant fields • Electrons in electromagnetic pulses • Radiation produced by particles in extreme motion • Radiation reaction • QED effects in strong laser fields
Lern- und Qualifikationsziele	<p>This course is devoted to the dynamics of charged particles in electromagnetic fields. Starting with motion of electrons in constant magnetic and electric fields, the course continues with the electron motion in electromagnetic pulses (i.e. laser pulses) of high strength (i.e. when laser pressure becomes dominant). Radiation produced by electrons in extreme motion will be calculated for several most important cases: synchrotron radiation, Thomson scattering, undulator radiation. Effects of radiation reaction on electron motion will be discussed. The last part of the course will briefly discuss the QED effects in strong laser fields: stochasticity in radiation reaction, pair production by focused laser pulses and QED cascades. Analytical framework will be complemented with the help of numerical calculations.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Präsentation oder mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• J.D. Jackson, Classical Electrodynamics• L.D. Landau and E.M. Lifshitz, Classical Theory of Fields• P. Gibbon, Short Pulse Laser Interactions with Matter• G.A. Mourou, T. Tajima, and S.V. Bulanov, Optics in the relativistic regime, Reviews of Modern Physics, 78, 309 (2006)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO251 Physical Optics Design	
Modulcode	PAFMO251
Modultitel (deutsch)	Physical Optics Design
Modultitel (englisch)	Physical Optics Design
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Wyrowski
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Fundamentals of Modern Optics and Introduction to Optical Modeling and Design oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Concept of physical optics modeling by field tracing • Geometric field tracing by smart rays. • Design as an inverse field propagation problem • System design in the functional embodiment • Design of lens systems for laser sources • Design of systems for light shaping by holographic optical elements and freeform surfaces • Inclusion of partially coherent and polychromatic light; multiplexing • Optimization of coatings and gratings in structure design • Applications in laser optics, wavefront engineering, and lighting
Lern- und Qualifikationsziele	Optical design is typically based on ray optics. It is discussed when the ray approach fails and a physical optics based concept can be used to tackle such situations. Moreover, physical optics provides very powerful concepts in system design, since the design tasks are formulated in terms of fields which enables access to all parameters of concern in design. Various examples from different applications are investigated to illustrate and demonstrate theoretical results.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• E. Hecht and A. Zajac, Optics• M. Born and E. Wolf, Principles of Optics• R.E. Fischer and B. Tadic-Galeb, Optical System Design• J. Turunen and F. Wyrowski, Diffractive Optics for industrial and commercial applications, Akademie Verlag, 1997
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO252 Physical Optics Modeling	
Modulcode	PAFMO252
Modultitel (deutsch)	Physical Optics Modeling
Modultitel (englisch)	Physical Optics Modeling
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. F. Wyrowski
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse optische Modellierung und optisches Design
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to field tracing; • Diffraction integrals, free space propagation; • Propagation through plane interfaces and stratified media; • Propagation through gratings; • Mie theory; • Geometric field tracing; • Thin element approximation; • Propagation through lenses and refractive freeform surfaces; • Propagation through diffractive lenses and computer-generated holograms; • Modeling combined surfaces (refractive + microstructures); • All techniques are demonstrated at hands-on examples.
Lern- und Qualifikationsziele	Physical optics modeling deals with the solution of Maxwell's equations for different types of optical components. On its basis, a source field can be propagated through a system by the concept of field tracing. The students will get an introduction to field tracing and a comprehensive overview of different modeling techniques of practical importance in optical modeling and design.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• E. Hecht and A. Zajac, Optics;• M. Born and E. Wolf, Principles of Optics;• L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO253 Physics of Free-Electron Laser	
Modulcode	PAFMO253
Modultitel (deutsch)	Physics of Free-Electron Laser
Modultitel (englisch)	Physics of Free-Electron Laser
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • physical foundations of X-ray lasers • undulators • FEL differential equation • Instrumentation • selected applications
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The student understands the physical foundations, instrumentation, and selected applications of FELs.</p> <p>Acquisition of the competence to judge the applicability and significance of FELs to address problems in X-ray physics.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Schmüser et al.: Ultra-violet and Soft X-ray Free-Electron Lasers
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO254 Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation	
Modulcode	PAFMO254
Modultitel (deutsch)	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation
Modultitel (englisch)	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Christian Spielmann, Dr. Daniil Kartashov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • physics of photoionization • optical breakdown • basics of plasma kinetics • LIBS Laser induced breakdown spectroscopy • physics of filamentation • applications: LIDAR, lightning discharge, supercontinuum generation
Lern- und Qualifikationsziele	In a selected number of topics out of the broad field of high power laser matter interactions the students should acquire knowledge of ionization, plasma kinetics, filamentation and applications in spectroscopy metrology and atmospheric science.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO255 Plasma Physics	
Modulcode	PAFMO255
Modultitel (deutsch)	Plasma Physics
Modultitel (englisch)	Plasma Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Elektrodynamik und Laserphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentals of plasma physics; • Single particle and fluid description of plasmas; • Waves in plasmas; • Interaction of electromagnetic radiation with plasmas; • Plasma instabilities; • Non-linear effects (shock waves, parametric instabilities, ponderomotive effects, ...).
Lern- und Qualifikationsziele	This course offers an introduction to the fundamental effects and processes relevant for the physics of ionized matter. After actively participating in this course, the students will be familiar with the fundamental physical concepts of plasma physics, especially concerning astrophysical phenomena but also with questions concerning the energy production based on nuclear fusion in magnetically or inertially confined plasmas.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• F. Chen: Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Publishing Corporation, New York (1984);• J. A. Bittencourt: Fundamentals of Plasma Physics, Springer, New York (2004);• U. Schumacher: Fusionsforschung, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1993).
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO256 Photovoltaik	
Modulcode	PAFMO256
Modultitel (deutsch)	Photovoltaik
Modultitel (englisch)	Physics of Photovoltaics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Gerhard G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung Optik, Vertiefung Festkörperphysik Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Pertinent elements of thermodynamics and statistical mechanics (diffusion, Boltzmann factor, free energy) • Fundamental concepts of solid state physics • Semiconductors and pn-junction • Diode equation • Shockley-Queisser limit • Design criteria for solar cells
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Profound understanding of the physics underlying the performance of solar cells • Development of an understanding of the role of photovoltaics for covering the energy demand of modern societies. • Capability to solve complex problems pertinent to solar cells
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO257 Physical Optics	
Modulcode	PAFMO257
Modultitel (deutsch)	Physical Optics
Modultitel (englisch)	Physical Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	None
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Required elective Module M.Sc. Physics focus "Optics" Required elective Module M.Sc. Photonics Compulsory Module M.Sc. Medical Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 2 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Wave optics, light propagation • Diffraction, slit, PSF, aberrations • Coherence, temporal and spatial, OCT, speckle • Laser, resonators, laser beams, pulses • Gaussian beams, propagation, generalizations, Schell beams • Fourier optics, resolution, image formation, OTF, criteria • Quality criteria of imaging • PSF engineering, superresolution, extended depth of focus • Confocal methods, laser scanning, metrology • Polarization, fundamentals, Jones vectors, birefringence • Photon optics, uncertainty, statistics • Scattering, surfaces, volume models, tissue optics • Miscellaneous, coatings, non-linear optics, short pulses
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers the basic understanding of physical optical subjects in the context of optical systems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Parts of the lectures are given by a Dr. B. Böhme / C. Zeiss and M. Dienerowitz / Medical Faculty to include industrial and practical viewpoints.

Empfohlene Literatur	Lecture materials <ul style="list-style-type: none">• B. Saleh, M. Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley, 2007• W. Singer, M. Totzeck, H. Gross, Handbook of optical systems, Vol 2, Wiley, 2005• J. Goodman, Introduction to Fourier Optics, Wiley, 2005• A. Lipson / S. Lipson, Optical Physics, Cambridge 2011• G. Reynolds / J. deVlies, The Physical Optics Notebook, SPIE Press, 2000• J. Goodman, Statistical Optics, Wiley, 1985• E. Hecht, Optics, deGruyter, 2014• C. Brosseau, Polarized Light, Wiley, 1998• J. Stover, Optical Scattering, McGrawHill, 1990• M. Nieto-Vesperinas, Scattering and Diffraction in Physical Optics, World Scientific, 2016• A. Siegman, Lasers, Oxford University, 1986• F. Trager, Handbook of Lasers and Optics, Springer, 2007
Unterrichtssprache	English

Modul PAFMO260 Quantum Optics	
Modulcode	PAFMO260
Modultitel (deutsch)	Quantum Optics
Modultitel (englisch)	Quantum Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch, Dr. F. Setzpfandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Quantentheorie, Elektrodynamik, theoretische Optik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic introduction to quantum mechanics; • Quantization of the free electromagnetic field; • Non-classical states of light and their statistics; • Experiments in quantum optics; • Semi-classical and fully quantized light-matter interaction; • Non-Linear optics.
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course will give a basic introduction into the theoretical description of quantized light and quantized light-matter interaction. The derived formalism is then used to examine the properties of quantized light and to understand a number of peculiar quantum optical effects.</p> <p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of quantum optics and will be able to apply the derived formalism to other problems.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Grynberg / Aspect / Fabre "Introduction to Quantum Optics"; • Garrison / Chiao "Quantum Optics"; • Fox "Quantum Optics – An Introduction"; • Loudon "The Quantum Theory of Light"; • Bachor / Ralph "A Guide to Experiments in Quantum Optics".
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO265 Semiconductor Nanomaterials	
Modulcode	PAFMO265
Modultitel (deutsch)	Semiconductor Nanomaterials
Modultitel (englisch)	Semiconductor Nanomaterials
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. Isabelle Staude
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Fundamental knowledge on modern optics and condensed matter physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Required elective Module M.Sc. Physics focus „Optics“ Required elective Module M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>The course will cover the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Review of fundamentals of semiconductors • Optical and optoelectronic properties of semiconductors • Effects of quantum confinement • Photonic effects in semiconductor nanomaterials • Physical implementations of semiconductor nanomaterials, including epitaxial structures, semiconductor quantum dots and quantum wires • Advanced topics of current research, including 2D semiconductors and hybrid nanosystems
Lern- und Qualifikationsziele	<p>This course aims to convey a fundamental understanding of the physics governing the optical and optoelectronic properties of semiconductor nanomaterials. First, the fundamental optical and optoelectronic properties of bulk semiconductors are reviewed, deepening and extending previously obtained knowledge in condensed matter physics. The students will then learn about the effects of quantum confinement in semiconductor systems in one, two or three spatial dimensions, as well as about photonic effects in nanostructured semiconductors. Finally, several relevant examples of semiconductor nanomaterial systems and their applications in photonics are discussed in detail. After successful completion of the course, the students should be capable of understanding present research directions and of solving basic problems within this field of research.</p>

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester and oral presentation on a current research topic
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• P. Y. Yu and M. Cardona, Fundamentals of Semiconductors, Springer 2010• C. F. Klingshirn, Semiconductor Optics, Springer 1995• M. Fox, Quantum Optics – An Introduction, Oxford University Press 2006
Unterrichtssprache	English

Modul PAFMO266 Strong-Field Laser Physics	
Modulcode	PAFMO266
Modultitel (deutsch)	Strong-Field Laser Physics
Modultitel (englisch)	Strong-Field Laser Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • charakteristische Größen in der Starkfeld-Laserphysik • charakteristische Effekte • theoretische Beschreibung der Elektronendynamik • die Rückstreuung als fundamentaler Prozess in der Starkfeld- und Attosekunden-Laserphysik • Erzeugung von Attosekunden-Pulsen • Messung von Attosekunden-Pulsen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Kenntnissen zu den Grundlagen der Starkfeld-Laserphysik und der darauf aufbauenden Attosekunden-Laserphysik. • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Behandlung von Fragestellungen dieser Felder.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Review-Artikel Z. Chang: Fundamentals of Attosecond Optics
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO270 Theory of Nonlinear Optics	
Modulcode	PAFMO270
Modultitel (deutsch)	Theory of Nonlinear Optics
Modultitel (englisch)	Theory of Nonlinear Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. U. Peschel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Types and symmetries of non-linear polarization; • Non-Linear optics in waveguides; • Solutions of non-linear evolution equations; • Temporal and spatial solitons; • Super continuum generation.
Lern- und Qualifikationsziele	The course provides the theoretical background of non-linear optics and quantum optics.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Modulnote setzt sich aus der Übungleistung (25%) und einer mündlichen Prüfung zusammen (75%).
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Agrawal, Govind P.: Contemporary non-linear optics; • Moloney, Jerome V., Newell Alan C.: Non-Linear Optics ; • Sutherland, Richard Lee: Handbook of non-linear optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO271 Thin Film Optics	
Modulcode	PAFMO271
Modultitel (deutsch)	Thin Film Optics
Modultitel (englisch)	Thin Film Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Tünnermann, Dr. O. Stenzel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Optik und Elektrodynamik in Kontinua
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic dispersion models in Thin Film Optics • Optical properties of material mixtures • Interfaces: Fresnels equations • Multiple internal reflections in layered systems • Optical spectra of single thin films • Wave propagation in stratified media • Matrix formalism • Multilayer systems: Quarterwave-stacks and derived systems • Coatings for ultrashort light pulses • Remarks on coating design
Lern- und Qualifikationsziele	This course is of use for anyone who needs to learn how optical coatings are used to tailor the optical properties of surfaces. After an introduction about the theoretical fundamentals of optical coatings the student should learn to calculate the optical properties of uncoated and coated surfaces. Based on this, typical design concepts and applications will be presented.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Born/Wolf: Introduction to optics;• H. A. Macleod, Thin Film Optical Filters, Adam Hilger Ltd. 2001;• R. Willey, Practical Design and Productions of Optical Thin Films, Marcel Dekker Inc. 2003;• N. Kaiser, H. K. Pulker (Eds.), Optical Interference Coatings, Springer Series in Optical Sciences, Vol. 88, 2003;• O. Stenzel, The Physics of Thin Film Optical Spectra. An Introduction, Springer Series in Surface Sciences, Vol. 44, 2005.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO272 Terahertz Technology	
Modulcode	PAFMO272
Modultitel (deutsch)	Terahertz Technology
Modultitel (englisch)	Terahertz Technology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	The course will provide an introduction to the fundamentals of THz technology and science to master students. The course begins with an introduction to THz radiation and current status of terahertz research. A review on the interaction of electromagnetic waves with matter will be discussed followed by the elementary excitation in matter during interaction with THz. Various techniques to generate THz radiation will be presented with an emphasis on pulsed power sources. Detection techniques are equally important in studying the terahertz radiation. We will look at the detection schemes based on electronics and photonics and compare them. Attention will also be paid to selecting suitable optics for THz and materials suitable for THz transmission. Finally, we will also look at some potential applications of THz in the field of imaging, spectroscopy, etc.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Modulnote besteht aus bewerteten Übungsaufgaben und einer schriftlichen Prüfung oder mündlichen Präsentation.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Principles of terahertz Science and Technology, Lee, Yun-Shik , Springer ,ISBN 978-0-387-09540-0• Terahertz techniques, Bründermann, Hubers,Kimmit, Springer, ISBN 978-3-642-02592-1• Introduction to THz wave photonics, Zhang, Xu, Springer, ISBN 978-1-4419-0978-7• Journals: Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz waves, IEEE transactions on Terahertz technology, OSA and Nature publications
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO280 Ultrafast Optics	
Modulcode	PAFMO280
Modultitel (deutsch)	Ultrafast Optics
Modultitel (englisch)	Ultrafast Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Nolte
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in laser physics and modern optics.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to ultrafast optics; • Fundamentals; • Ultrashort pulse generation; • Amplification of ultrashort pulses; • Measurement of ultrashort pulses; • Applications; • Generation of attosecond pulses.
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this course is to provide a detailed understanding of ultrashort laser pulses, their mathematical description as well as their application. The students will learn how to generate, characterize and use ultrashort laser pulses. Special topics will be covered during the seminars.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Vortrag
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Weiner, Ultrafast Optics; • Diels/Rudolph, Ultrashort Laser Pulse Phenomena; • Rulliere, Femtosecond laser pulses; • W. Koechner, Solid-state Laser engineering; • A. Siegman, Lasers.

Unterrichtssprache	Englisch
--------------------	----------

Modul PAFMO290 XUV and X-Ray Optics	
Modulcode	PAFMO290
Modultitel (deutsch)	XUV and X-Ray Optics
Modultitel (englisch)	XUV and X-Ray Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann, Dr. D. Kartashov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Complex refractive index in the XUV and X-ray range; • Refractive and grazing incidence optics; • Zone plate optics; • Thomson and Compton scattering; • X-ray diffraction by crystals and synthetic multilayers; • VUV and X-ray optics for plasma diagnostics; • Time-resolved X-ray diffraction; • EUV lithography.
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the fundamentals of modern optics at short wavelengths as they are necessary for the design of EUV and X-ray optical elements. Based on this the students will learn essentials of several challenging applications of short-wavelength optics, being actual in modern science and technology.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO901 Topics of Current Research I	
Modulcode	PAFMO901
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research I
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 1
Modul-Verantwortliche/r	N.N.
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced topics of current research in optics and photonics
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction into a field of current research as a basis for further study and research in this field; • Independent solution of exercise problems; • Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO902 Topics of Current Research II	
Modulcode	PAFMO902
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research II
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 2
Modul-Verantwortliche/r	N.N.
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced topics of current research in optics and photonics.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction into a field of current research as a basis for further study and research in this field; • Independent solution of exercise problems; • Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO903 Topics of Current Research III	
Modulcode	PAFMO903
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research III
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 3
Modul-Verantwortliche/r	N.N.
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced topics of current research in optics and photonics
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction into a field of current research as a basis for further study and research in this field; • Independent solution of exercise problems; • Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO904 Topics of Current Research IV	
Modulcode	PAFMO904
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research IV
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 4
Modul-Verantwortliche/r	N.N.
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Advanced topics of current research in optics and photonics.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Introduction into a field of current research as a basis for further study and research in this field; Independent solution of exercise problems; Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMP001 Fortgeschrittene Quantentheorie	
Modulcode	PAFMP001
Modultitel (deutsch)	Fortgeschrittene Quantentheorie
Modultitel (englisch)	Advanced Quantum Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf, Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrkörpersysteme; • Identische Teilchen; • Symmetrien, Addition von Drehimpulsen; • Zeitabhängige Störungstheorie; • Streutheorie; • Einführung in relativistische Quantenmechanik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Methoden zur Beschreibung und Modellierung von nichtrelativistischen und relativistischen physikalischen Systemen in der Quantenmechanik; • Entwicklung der Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von anspruchsvolleren Aufgaben und der Behandlung von komplexeren Systemen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Theoretischen Physik z.B. F. Schwabl; W. Nolting; Straumann; K. Gottfried und T.M. Yan; C. Cohen-Tannoudji.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP002 Physikalisches Experimentieren	
Modulcode	PAFMP002
Modultitel (deutsch)	Physikalisches Experimentieren
Modultitel (englisch)	Research Lab
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Physikalische Fortgeschrittenenpraktika z.B. PAFBP511 und PAFBP611
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 6 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	120 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation ausgewählter Experimente im Rahmen eines Themas aus den Teilgebieten der Physik: Optik, Festkörperphysik, Astronomie, Theorie, Computational Physics. Das Projektthema kann aus Angeboten der Physikalisch-Astronomischen Fakultät gewählt werden.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Einarbeitung in eine spezielle physikalische Fragestellung und Projektplanung; • Fertigkeiten zum selbständigen physikalischen Experimentieren; • Protokollieren, Auswertung, Interpretation und Verfassen eines Projektberichts; • Präsentation der Ergebnisse in Form eines wissenschaftlichen Vortrages oder Posters.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abschluss der Experimente und Projektarbeit.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsbericht Wintersemester (50%), Praktikumsbericht Sommersemester (50%)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP003 Oberseminar Gravitations- und Quantentheorie	
Modulcode	PAFMP003
Modultitel (deutsch)	Oberseminar Gravitations- und Quantentheorie
Modultitel (englisch)	Advanced Seminar Gravitational and Quantum Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann, Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundlagenwissen in Gravitationstheorie und/oder Quantenfeldtheorie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf den Gebieten Gravitationstheorie und Quantentheorie; • Präsentation und Diskussion aktueller gravitationstheoretischer und quantentheoretischer Probleme.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Einarbeiten in ein Spezialgebiet; • Selbständiges Auffinden und Auswerten wiss. Literatur; • Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte; • Vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Gravitationstheorie und Quantentheorie.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Seminar. Detaillierte Festlegungen werden zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Fachvortrag (100%)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP004 Oberseminar Festkörperphysik/Materialwissenschaft	
Modulcode	PAFMP004
Modultitel (deutsch)	Oberseminar Festkörperphysik/Materialwissenschaft
Modultitel (englisch)	Advanced Seminar Solid State Physics / Material Science
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Festkörper oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft; • Präsentation und Diskussion aktueller festkörperphysikalischer und materialwissenschaftlicher Probleme.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Einarbeiten in ein Spezialgebiet; • Selbständiges Auffinden und Auswerten wiss. Literatur; • Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte; • Vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft; • wissenschaftliches Diskutieren.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Seminar. Detaillierte Festlegungen werden zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Fachvortrag (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Modulnote setzt sich ggfs. aus einer Hausarbeit und einem Vortrag zur Hausarbeit zusammen.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP005 Oberseminar Astronomie/Astrophysik	
Modulcode	PAFMP005
Modultitel (deutsch)	Oberseminar Astronomie/Astrophysik
Modultitel (englisch)	Advanced Seminar Astronomy/Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser, Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für den Studiengang M. Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 30 h 90 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkte bei Beobachtender Astrophysik: z.B. Infrarot-Astronomie, sub-stellare Objekte, Interferometrie, Adaptive Optik, Endstadien der Sternentwicklung, insbesondere Neutronensterne; Terra-Astronomie • Schwerpunkt bei Theoretischer Astrophysik: z.B. astro-physikalische Zeitskalen, Temperaturen, direkte und inverse Probleme, deterministische und chaotische Phänomene, Standardmodelle der Astrophysik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen von Konzepten der beobachtenden und theoretischen Astrophysik; • Selbständiges Einarbeiten in ein Spezialgebiet; • Selbständiges Auffinden und Auswerten wissenschaftlicher Literatur; • Vorbereiten und Halten eigener Vorträge; • Diskussion von aktuellen Forschungsfeldern; • Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf dem Gebiet der Astronomie/Astrophysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Teilnahme an der Seminardiskussion

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Fachvortrag (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Absolviert werden muss eines der beiden Seminare (zugeordnete Veranstaltung), entweder Beobachtende Astrophysik (Winter) oder Theoretische Astrophysik (Sommer)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP006 Oberseminar Optik	
Modulcode	PAFMP006
Modultitel (deutsch)	Oberseminar Optik
Modultitel (englisch)	Advanced Seminar Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf dem Gebiet der modernen Optikforschung; • Präsentation und Diskussion aktueller optischer Forschungsgebiete.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Einarbeiten in ein Spezialgebiet; • Selbständiges Auffinden und Auswerten wiss. Literatur; • Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte; • Vertiefung der Kenntnisse auf modernen Gebieten der Optik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Seminar. Detaillierte Festlegungen werden zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Fachvortrag (100%)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP090 Einführung in wissenschaftliches Arbeiten	
Modulcode	PAFMP090
Modultitel (deutsch)	Einführung in wissenschaftliches Arbeiten
Modultitel (englisch)	Introduction to Research Methods
Modul-Verantwortliche/r	Alle Professoren der PAF
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	12 SWS Praktische kreative wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung des betreuenden Hochschullehrers, der die Arbeit ausgibt und eines wissenschaftlichen Mitarbeiters.
Leistungspunkte (ECTS credits)	15 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	450 h
- Präsenzstunden	300 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Die möglichen Themen des Moduls können aus allen Teilgebieten der Physik ausgewählt werden. Es muss ein betreuender Hochschullehrer für das jeweilige Thema an der Physikalisch-Astronomischen Fakultät gefunden werden. • Erarbeitung der wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für die Masterarbeit.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Erarbeiten von Kenntnissen aus der internationalen Fachliteratur • Kritisches Auseinandersetzen mit wissenschaftlichen Ergebnissen • Ableitung von Schlussfolgerungen für eigene Zielsetzungen • Kennenlernen der Methodik des wissenschaftlichen Arbeitens durch aktive Mitarbeit an Forschungsaufgaben • Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bericht über die durchgeführte wissenschaftliche Arbeit, beispielsweise als Präsentation
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Präsentation und Diskussion (Bestanden/nicht bestanden)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP091 Projektplanung zur Masterarbeit	
Modulcode	PAFMP091
Modultitel (deutsch)	Projektplanung zur Masterarbeit
Modultitel (englisch)	Project Planning for the Master Thesis
Modul-Verantwortliche/r	Alle Professoren der PAF
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	12 SWS Praktische kreative wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung des betreuenden Hochschullehrers, der die Arbeit ausgibt und eines wissenschaftlichen Mitarbeiters
Leistungspunkte (ECTS credits)	15 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	450 h 210 h 240 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Das Modul Projektplanung dient der Definition des Inhaltes der Masterarbeit. Dazu muss mindestens ein Arbeitsthema auf wissenschaftliche Relevanz und Durchführbarkeit analysiert werden. • Die möglichen Themen der Projektplanung können aus allen Teilgebieten der Physik ausgewählt werden. Es muss ein betreuender Hochschullehrer für das jeweilige Thema an der Physikalisch-Astronomischen Fakultät gefunden werden.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Erarbeiten von Kenntnissen aus der internationalen Fachliteratur • Kritisches Auseinandersetzen mit wissenschaftlichen Ergebnissen • Ableitung von Schlussfolgerungen für eigene Zielsetzungen • Ausarbeitung eines wissenschaftlichen Arbeitsplans mit Arbeitszielen • Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe eines Arbeitsplanes für die Masterarbeit, beispielsweise als Präsentation
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Präsentation des Arbeitsplanes mit anschließender Diskussion (bestanden/nicht bestanden)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT001 Allgemeine Relativitätstheorie	
Modulcode	PAFMT001
Modultitel (deutsch)	Allgemeine Relativitätstheorie
Modultitel (englisch)	General Relativity
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Relativistische Physik oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie; • Einsteinsche Feldgleichungen; • Grenzfall Newtonscher Gravitation; • Gravitationswellen;
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Kenntnissen der relativistischen Gravitationsphysik; • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Behandlung astrophysikalischer Fragestellungen im Bereich hoher Geschwindigkeiten und starker Gravitationsfelder.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben

Empfohlene Literatur

- Carroll, Geometry and Gravitation (2004);
- Wald, General Relativity (1984);
- Straumann, General Relativity with Applications to Astrophysics (2004);
- Schutz, First Course in General Relativity (2009).

Unterrichtssprache

Deutsch, Englisch

Modul PAFMT002 Teilchen und Felder	
Modulcode	PAFMT002
Modultitel (deutsch)	Teilchen und Felder
Modultitel (englisch)	Particles and Fields
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Beispiele klassischer Feldtheorien; • Aspekte klassischer Feldtheorien: Lagrange- u. Hamiltonformalismus, Noether-Theorem u. -Ladungen, Nichtlineare skalare Feldtheorien: $O(N)$-Modelle, spontane Symmetriebrechung, Goldstone-Theorem; • Felder/Teilchen als Darstellungen der Lorentz-Gruppe: Klassifikation der Darstellungen, Spinoren, Konstruktion von freien Theorien; • Wechselwirkende Theorien: Yukawa-Modelle, QED, abelsche Higgs-Modelle; • Aktuelle Aspekte von Feldtheorien in der Teilchenphysik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung auf die Quantenfeldtheorie; • Vermittlung der Konzepte und Methoden und Erlangung der Fähigkeiten zur theoretischen Behandlung von Feldtheorien mit Anwendungen in der Teilchenphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Hausarbeit (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben
Empfohlene Literatur	Ausgewählte Kapitel aus z.B., Kaku, Peskin-Schröder, Aitchison-Hey, Ryder, Felsager.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT003 Quantenfeldtheorie	
Modulcode	PAFMT003
Modultitel (deutsch)	Quantenfeldtheorie
Modultitel (englisch)	Quantum Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Teilchen und Felder oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Prinzipien für relativistische Quantenfeldtheorien; • Quantisierung von Klein-Gordon-, Dirac-, und elektromagnetischen Feldern; • Störungstheorie und Feynman-Diagramme; • S-Matrix und Wirkungsquerschnitte; • Funktionalintegrale, effektive Wirkungen und Korrelationsfunktionen; • Regularisierung und Renormierung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Prinzipien und Strukturen von Quantenfeldtheorien; • Erlangung von Fähigkeiten zur Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen Elementarteilchen und zur Berechnung wichtiger Streu- und Zerfallsprozesse.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Peskin und Schroeder; Ryder; Weinberg; Itzykson und Zuber; Kaku.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT010 Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	
Modulcode	PAFMT010
Modultitel (deutsch)	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie
Modultitel (englisch)	Advanced Quantum Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. Martin Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module „Teilchen und Felder“ und „Quantenfeldtheorie“ oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung „Gravitations- und Quantentheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Anomalien in Quantenfeldtheorie; Quantenfeldtheorie bei endlicher Temperatur und Dichte; • Nichtgleichgewichtsdynamik von Feldtheorien; • (Quanten-)Phasenübergänge; • Einführung in konforme Feldtheorie; • Topologische Objekte in Quantenfeldtheorie
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung fortgeschrittene Prinzipien und Strukturen von Quantenfeldtheorie
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT011 Einführung in Stringtheorie und AdS/CFT	
Modulcode	PAFMT011
Modultitel (deutsch)	Einführung in Stringtheorie und AdS/CFT
Modultitel (englisch)	Introduction to String Theory and AdS/CFT
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Quantenfeldtheorie und Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Relativistischer bosonischer String & dessen Quantisierung, Offene Strings & D-branen, Aspekte der konformen Feldtheorie, Polyakov Pfadintegral, Streuung von Strings, Niederenergie effektive Wirkung, Dualitäten, Kompaktifizierung, Einführung in AdS/CFT, Test von AdS/CFT, Erweiterung und Anwendungen von AdS/CFT.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Prinzipien und Strukturen von Stringtheorie; • Erlangung von Fähigkeiten zur Beschreibung der Wechselwirkungen in supersymmetrischen Theorien mittels Gravitationstheorien.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Polchinski; Becker, Becker, Schwarz; Blumenhagen, Lüst, Theisen.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT012 Das Standardmodell der Teilchenphysik	
Modulcode	PAFMT012
Modultitel (deutsch)	Das Standardmodell der Teilchenphysik
Modultitel (englisch)	The Standard Model of Particle Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Das Standardmodell der Teilchenphysik: <ul style="list-style-type: none"> • Symmetrien; • Quantenelektrodynamik; • Starke Wechselwirkung, das Quarkmodell und die Quantenchromodynamik, Hadronen und asymptotische Freiheit; • Schwache Wechselwirkungen und der Higgs-Effekt; • Streuversuche; • Grenzen des Standardmodells.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Phänomenologie und der grundlegenden Konzepte der modernen Teilchenphysik; • Umgang mit den Begriffen Teilchen, Wechselwirkungen und Klassifikationsschemata; • Anwendung einfacher Modelle der Teilchenphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	Nachtmann, Peskin & Schroeder; Ryder; Schwartz; Weinberg
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT013 Eichtheorien	
Modulcode	PAFMT013
Modultitel (deutsch)	Eichtheorien
Modultitel (englisch)	Gauge Theories
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Eichsymmetrie; • Klassische Yang-Mills-Theorie; • Quantisierung von Eichtheorien, BRST-Formalismus, Gribov-Problem; • Störungstheorie, semiklassische Entwicklungen; • Topologische Konfigurationen; • Confinement-Kriterien und Szenarios.
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Konzepte und Methoden und Erlangung der Fähigkeiten zur theoretischen Behandlung von Eichtheorien mit Anwendungen in der Teilchenphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben) oder Anfertigung einer Hausarbeit.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	z.B. Peskin, Schröder; Pokorski; Dittrich, Reuter
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT014 Quantenfeldtheorien auf dem Gitter	
Modulcode	PAFMT014
Modultitel (deutsch)	Quantenfeldtheorien auf dem Gitter
Modultitel (englisch)	Lattice Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Quantenfeldtheorien bei endlicher Temperatur; • Euklidische Quantenfeldtheorien; • Gitterfeldtheorien und Spinmodelle; • Exakte Resultate und Näherungen; • Monte-Carlo-Simulationen; • Renormierungsgruppe; • Gittereichtheorien; • Quantenchromodynamik auf dem Gitter.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Konzepten und Methoden zum Verständnis von Quantenfeldtheorien auf dem Raumzeit-Gitter und deren engen Beziehung zu Systemen der Statistischen Physik; • Entwicklung der Fähigkeiten zur numerischen Simulation von Quantenfeldtheorien incl. Eichtheorien auf dem Gitter.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• A. Wipf, „Statistical Approach to QFT“, Vorlesung Notes in Physics 864;• I. Montvay und G. Münster, „Quantum Fields on the Lattice“, CUP 2010;• M. Creutz, „Quarks, Gluons and Lattices“, Cambridge Monographs on MMP, 1983;• Gattringer und Lang, „Quantum Chromodynamics on the Lattice“, Vorlesung Notes in Physics 788.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT015 Quantenphysik mit dem Rechner	
Modulcode	PAFMT015
Modultitel (deutsch)	Quantenphysik mit dem Rechner
Modultitel (englisch)	Computational Quantum Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Fritzsche
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Theoretische Mechanik, Elektrodynamik und Quantentheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Coulomb-Problem; • Teilchen mit Spin; • Qubits, Quantenregister und Quantengatter; • Darstellung reiner und gemischter Zustände (Blochkugel); • Zusammengesetzte Systeme, nichtunterscheidbare Teilchen; • Hartree-Fock-Methode; • Kopplung von Drehimpulsen.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung computeralgebraischer und numerischer Methoden bei der Beschreibung einfacher Quantenmodelle; • Fähigkeiten zum selbständigen Lösen einfacher Modelle und Aufgaben, Formulierung von Pseudo-Code und effizienter Umgang mit Computeralgebra-Systemen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder schriftliche Ausarbeitung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT016 Symmetrien in der Physik	
Modulcode	PAFMT016
Modultitel (deutsch)	Symmetrien in der Physik
Modultitel (englisch)	Symmetries in Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Theoretische Mechanik und Quantenmechanik oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc.Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Symmetrien und Gruppen; • Raumzeit-Symmetrien; • Endliche Gruppen und kontinuierliche Liegruppen ; • Lie-Algebren; • Darstellungstheorie, Charakteren; • Ausgewählte Anwendungen in der Festkörperphysik, Atomphysik, Quantenfeldtheorie und Teilchenphysik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen über diskrete und kontinuierliche Gruppen, Lie-Algebren und deren Darstellungen mit Anwendungen auf Raumzeit- und innere Symmetrien der Physik; • Beherrschung der Anwendung gruppentheoretischer Methoden in Quantenmechanik, Kristallographie und Elementarteilchenphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Lehrbücher, z.B. J. Conway; M. Wagner; H. Jones; M. Hamermesh.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT017 Theoretische Atomphysik	
Modulcode	PAFMT017
Modultitel (deutsch)	Theoretische Atomphysik
Modultitel (englisch)	Atomic Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Fritzsche
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenmechanik oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick zu den Einelektronenatomen; • Modelle unabhängiger Elektronen; • Hartree-Fock-Theorie; • Schalen- und Termstruktur von Atomen; • Wechselwirkung mit dem Strahlungsfeld; • Korrelierte Vielteilchenmethoden; • Bethe-Bloch; • Potentialstreuung, atomare Stoßprozesse; • Grundlagen der Dichtematrixtheorie.
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Grundlagen der Atomstruktur und atomarer Stoßprozesse.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Johnson: "Atomic Structure Theory: Lectures on Atomic Physics"• Bransden & Joachain: "Physics of Atoms and Molecules".
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT018 Physik des Quantenvakuums in starken Feldern	
Modulcode	PAFMT018
Modultitel (deutsch)	Physik des Quantenvakuums in starken Feldern
Modultitel (englisch)	Physics of the Quantum Vacuum in Strong Fields
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Theoretische Grundlagen der Quantenelektrodynamik (QED) in starken elektromagnetischen Feldern; • Ableitung elementarer Signaturen der Starkfeld-QED; • Diskussion von Vorschlägen für deren Nachweis mit aktuellen experimentellen Methoden.
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Konzepte und Methoden und Erlangung der Fähigkeiten zur Bearbeitung von Fragestellungen der Quantenelektrodynamik in starken elektromagnetischen Feldern.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben) oder Anfertigung einer Hausarbeit.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Peskin & Schröder; • Dittrich & Gies; • Battesti & Rizzo: Rept. Prog. Phys. 76 (2013).
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT019 Supersymmetrie	
Modulcode	PAFMT019
Modultitel (deutsch)	Supersymmetrie
Modultitel (englisch)	Supersymmetry
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung „Gravitations-und Quantentheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Supersymmetrische Quantenmechanik • Symmetrien und Spinoren • Wess-Zumino-Modelle • Supersymmetrie-Algebren und Darstellungen • Superraum und Superfelder • Supersymmetrische Yang-Mills-Theorien.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Strukturen und Eigenschaften von supersymmetrischen Theorien und Grundlagen zum Verständnis der neueren Entwicklungen in Elementarteilchenphysik und Stringtheorie. • Entwicklung der Fähigkeiten zur Berechnung einfacher Prozesse in supersymmetrischen Theorien.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• S. Weinberg, „The Quantum Theory of Fields, Vol. 3: Supersymmetry“, CUP (2005)• J. Bagger and J. Wess, „Supersymmetry and Supergravity“, Princeton series (1992)• P. West., „Introduction to Supersymmetry and Supergravity“, World Scientific (1990)• H.J. Müller-Kirsten, A. Wiedemann, „Introduction to Supersymmetry“, World Scientific (2010)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT020 Physik der Skalen - Die Renormierungsgruppe	
Modulcode	PAFMT020
Modultitel (deutsch)	Physik der Skalen - Die Renormierungsgruppe
Modultitel (englisch)	Physics of Scales - The Renormalisation Group
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Holger Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Spezialisierung "Gravitations- und Quantentheorie"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Störungstheoretische Renormierung; • Klassifikation perturbativ renormierbarer Theorien; • Renormierbarkeitsbeweise; • Renormierung in statistischen Systemen; • Renormierungsgruppengleichungen; • Flussgleichungen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Kenntnissen der Renormierungstheorie; • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Behandlung quantenfeldtheoretischer Fragestellungen zur Skalenabhängigkeit, Lang- u. kurzreichweitiges Verhalten von QFTn
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsserien (Art und Umfang wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche oder schriftliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: J. Cardy (Scaling and Renormalization), J. Zinn-Justin (QFT & Critical Phenomena), Peskin, Schroeder (An Introduction to QFT), K. Huang (From Operators to Path integrals)
Unterrichtssprache	Englisch, Deutsch auf allgemeine Nachfrage

Modul PAFMT099 Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantenfeldtheorie I	
Modulcode	PAFMT099
Modultitel (deutsch)	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantenfeldtheorie I
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Quantum Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende, vertiefende Themen aus dem Bereich der Quantenfeldtheorie; • Themen aus aktuellen Bereichen der Forschung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung in ein spezielles Gebiet der Quantenfeldtheorie;
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT200 Numerische Relativitätstheorie	
Modulcode	PAFMT200
Modultitel (deutsch)	Numerische Relativitätstheorie
Modultitel (englisch)	Numerical General Relativity
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Computational Physics und Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Numerische Relativitätstheorie für Schwarze Löcher und Gravitationswellen; • (3+1)-Zerlegung der 4-dimensionalen Einsteingleichungen; • Numerische Behandlung des Elliptischen Anfangswertproblems; • Numerische Behandlung von Zeitentwicklungsgleichungen.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden des numerischen Zugangs zur Allgemeinen Relativitätstheorie; • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• T. Baumgarte and S. Shapiro, Numerical Relativity and Compact Binaries, Phys.Rept. 376 (2003) 41-131;• Alcubierre, Introduction to 3+1 Numerical Relativity (2008).
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT201 Gravitationswellen	
Modulcode	PAFMT201
Modultitel (deutsch)	Gravitationswellen
Modultitel (englisch)	Gravitational Waves
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Theorie der Gravitationsstrahlung (Strahlungsfeld, Abstrahlung, Strahlungsrückwirkung); • Astrophysikalische Quellen von Gravitationswellen; • Wirkungsweise von Gravitationswellendetektoren; • Analyse von Gravitationswellensignalen.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung vertiefter Kenntnisse der Physik und Astrophysik der Gravitationswellen; • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Behandlung von Problemen der Gravitationswellenastronomie.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none">• Misner/Thorne/Wheeler, Weinberg, Shapiro/Teukolsky, Kenyon, Fließbach, Saulson,• Schutz: Gravitational Wave Data Analysis.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT202 Computational Physics III	
Modulcode	PAFMT202
Modultitel (deutsch)	Computational Physics III
Modultitel (englisch)	Computational Physics III
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Computational Physics I und II oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Partielle Differentialgleichungen <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen Differentialgleichungen; • Grundlagen elliptischer, parabolischer und hyperbolischer Differentialgleichungen; • Explizite und implizite Verfahren, • Stabilitätsanalyse; • Poissongleichung, Diffusionsgleichung, Advektionsgleichung, Wellengleichung, • Schocks; • Differenzenverfahren, • Pseudospektralmethoden, • Mehrfachgitter.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden der numerischen Behandlung partieller Differentialgleichungen bzw. des maschinellen Lernens in der Physik; • Selbständige Arbeit an einem individuell abgestimmten numerischen Projekt.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder numerisches Projekt (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none">• Partial differential equations: Garcia; Press/Vetterling/Teukolsky/Flannery; Gustafsson/Kreiss/Oliger; Trefethen.• Machine Learning in Physics: Goodfellow, Bengio, Courville, Géron
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMT203 Magnetohydrodynamik	
Modulcode	PAFMT203
Modultitel (deutsch)	Magnetohydrodynamik
Modultitel (englisch)	Magnetohydrodynamics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Magnetohydrodynamische Näherung; • Magnetohydrokinematik (Induktionsgleichung, freier Zerfall von Magnetfeldern, eingefrorene Feldlinien, Dynamoproblem); • Ideale Magnetohydrodynamik, Magnetohydrostatik; • Hartmann-Strömung, Magnetohydrodynamische Wellen, Stabilitätsuntersuchungen; • Anwendungen in der Astrophysik (Magnetfelder von Planeten, Sternen, Galaxien; Sonnenphysik).
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden der Magnetohydrodynamik; • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none">• Landau/Lifschitz Band 8;• F. Cap, Lehrbuch der Plasmaphysik und Magnetohydrodynamik;• D. Lortz, Magnetohydrodynamik;• R. Kippenhahn und C. Moellenhoff, Elementare Plasmaphysik.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT204 Relativistische Astrophysik	
Modulcode	PAFMT204
Modultitel (deutsch)	Relativistische Astrophysik
Modultitel (englisch)	Relativistic Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Newtonsche und relativistische Sternmodelle; • Weiße Zwerge; • Neutronensterne; • Schwarze Löcher.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung vertiefter Kenntnisse der relativistischen Gravitationsphysik, Himmelsmechanik und Astrophysik; • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Lösung astrophysikalischer Fragestellungen auf Gebieten hoher Geschwindigkeit und starker Gravitation.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: Hartle, Shapiro/Teukolsky, Goenner, Straumann, d'Inverno, Landau/Lifschitz, Misner/Thorne/Wheeler.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT205 Solitonen	
Modulcode	PAFMT205
Modultitel (deutsch)	Solitonen
Modultitel (englisch)	Solitons
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Integrierte nichtlineare Gleichungen (zum Beispiel Sinus-Gordon-Gleichung, Korteweg-de Vries-Gleichung, Nichtlineare Schrödingergleichung, Toda-Gitter, Ernst-Gleichung); • Methoden zur Konstruktion spezieller exakter Lösungen (zum Beispiel n-Solitonenlösungen) und zur Lösung von Anfangs- und Randwertproblemen (Bäcklundtransformation und Inverse Streumethode); • Erhaltungssätze und Integrierbarkeit; • Solitonen in der Hydrodynamik, der Allgemeinen Relativitätstheorie und in der Nichtlinearen Optik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden der Solitonenphysik; • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none">• G. Eilenberger, Solitons-Mathematical Methods for Physicists• S. Novikov et al., Theory of Solitons: The inverse scattering method
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT206 Computational Physics IV	
Modulcode	PAFMT206
Modultitel (deutsch)	Computational Physics IV
Modultitel (englisch)	Computational Physics IV
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Bernd Bruegmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Computational Physics I und II oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik (Vertiefung Gravitations- u. Quantentheorie)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Maschinelles Lernen in der Physik • Grundlagen des Maschinellen Lernens, Neuronale Netze und Deep Learning • Anwendungsbeispiele in der Physik, Mustererkennung, Zeitreihenanalyse, Monte Carlo Methoden
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden des Maschinellen Lernens in der Physik • Selbständige Arbeit an einem individuell abgestimmten numerischen Projekt
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Numerisches Projekt oder schriftliche Prüfung (100%); wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMT299 Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie II	
Modulcode	PAFMT299
Modultitel (deutsch)	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie II
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Gravitational Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende, vertiefende Themen aus dem Bereich der Gravitationstheorie; • Themen aus aktuellen Bereichen der Forschung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung in ein spezielles Gebiet der Gravitationstheorie; • Selbständige Bearbeitung von Übungsaufgaben; • Fähigkeit zur eigenständigen Literaturrecherche.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT300 Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie III	
Modulcode	PAFMT300
Modultitel (deutsch)	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie III
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Gravitation- and Quantum Theory III
Modul-Verantwortliche/r	Dr. André Großardt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie PAFMT001 oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc.Physik (128) Spezialisierung "Gravitations- und Quantentheorie"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>The lecture will cover topics in the foundations of quantum mechanics and with relevance to the interplay between quantum physics and gravity with a focus on nonrelativistic laboratory quantum systems, specifically including topics of current research. In particular, the lecture will cover all or a selection of the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantum systems in the gravitational field of the earth, experiments and relativistic generalisation • Decoherence from spacetime fluctuations • The equivalence principle for quantum matter • Theoretical treatment of classically gravitating quantum systems and experimental distinction from a quantised gravitational field • Interpretations of quantum mechanics, the measurement problem, and the potential role of gravity in quantum wave function reduction

Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course should provide the participating students with a profound knowledge on the state of the art of the foundations of quantum mechanics and experimentally established facts on the interplay between gravitational and quantum physics. It should provide them with an overview of different ideas and approaches how to merge the theoretical description of quantum systems with the principles of general relativity, including obstacles and caveats.</p> <p>The advanced level course is ideally taken by Master students who already have some knowledge of general relativity but is open to interested students at all levels with a basic knowledge in quantum mechanics.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	English

Modul PAFMT301 Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie IV	
Modulcode	PAFMT301
Modultitel (deutsch)	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie IV
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Gravitation- and Quantum Theory IV
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Bernuzzi
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie PAFMT001 oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im M.Sc.Physik (128) Spezialisierung "Gravitations- und Quantentheorie"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Newtonian and Relativistic hydrodynamics • Radiation hydrodynamics • Hyperbolic PDEs • Finite volume methods • Riemann problem and solvers • Conservative finite-differencing • Limiters • Galerking methods
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the development of numerical techniques required to solve the nonlinear equations that arise in the study of Fluid Dynamics. It also covers the analytical background that governs the solutions of these equations. By the end of the course the students will have learned the techniques required to write numerical codes to solve problems in fluid dynamics and relativistic hydrodynamics
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche Prüfung (100%) Die Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Modul PAFWW006 Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen	
Modulcode	PAFWW006
Modultitel (deutsch)	Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen
Modultitel (englisch)	Electronmicroscopy - Fundamentals and Applications
Modul-Verantwortliche/r	Dr. A. Undisz, Dr. S. Lippmann, Dr. M. Seyring, Prof. M. Rettenmayr
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für M.Sc. Werkstoffwissenschaft und M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Seminar: 3 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Prinzip und Wirkungsweise REM, TEM, STEM • Detektoren, Bildgebung, Elektronenbeugung • Konzentrationsanalyse (EDS, WDS, EELS) • Probenpräparation (mechanisch, physikalisch, chemisch) • Konkrete Beispiele zur Lösung materialwissenschaftlicher Fragestellungen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erwerb der Fach- und Methodenkompetenz für elektronenmikroskopische Techniken zur Lösung materialwissenschaftlicher Fragestellungen • Förderung der Sozial- und Selbstkompetenz in Fachdiskussionen und Projektarbeit
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Lösung einer materialwissenschaftlichen Fragenstellung mithilfe elektronenmikroskopischer Werkzeuge (100%) Zu bearbeitenden Fragestellungen werden zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Williams, D. B., Carter, C. B. „Transmission Electron Microscopy“ Springer 2009 Hornbogen, E., Skrotzki, B. „Mikro- und Nanoskopie der Werkstoffe“ Springer 2009
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFWW008 Biomaterialien und Medizintechnik	
Modulcode	PAFWW008
Modultitel (deutsch)	Biomaterialien und Medizintechnik
Modultitel (englisch)	Biomaterials and Medical Technology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Klaus D. Jandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. und M.Sc. Werkstoffwissenschaften
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 3 SWS Seminar: 1 SWS Praktika: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	105 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Quellensuche und deren Auswertung, Vortrags- und Präsentationstechniken. • Werkstoffgruppen, Struktur und Eigenschaften – ein Überblick • Materialien in der Medizin: Einführung und Metalle / Keramik/ Polymere / Komposite • Orale Biomaterialien • Biologische, biochemische und medizinische Grundlagen der Biomaterialwissenschaft • Host reaction: biologische Reaktion auf Implantate • Test Methoden für Biomaterialien • Tissue Engineering • Aus Forschung und Anwendung (Gastvorträge) • Student Project Presentation

Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • die Studierenden zu befähigen, die wissenschaftlichen Grundlagen von Biomaterialien und der dazu notwendigen Medizintechnik zu beherrschen und einen guten Überblick darüber zu haben, wie sie in einer sicheren und kosteneffektiven Art und Weise Biomaterialien auszuwählen und anzuwenden haben. • die Studierenden zu befähigen, derzeitige und zukünftige Biomaterialien aufgrund ihrer soliden biomaterialwissenschaftlichen Kenntnisse zu testen und zu beurteilen sowie neue Biomaterialien zu entwickeln. • die Studierenden zu befähigen, sich Informationen über Biomaterialien zu beschaffen, diese kritisch zu analysieren und diese Informationen Kollegen, Ärzten, Patienten sowie einer breiten Öffentlichkeit zu vermitteln
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentals of Materials Science and Engineering – An Integrated Approach. 5th Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York 2015; • E. Hornbogen: Werkstoffe. Springer Verlag 2008, • Biomaterials Science : An Introduction to Materials in Medicine by Buddy D. Ratner et al. Academic Press; 3edition 2012. • Medizintechnik mit biokompatiblen Werkstoffen und Verfahren. E. Wintermantel, S.-W. Ha. SpringerVerlag, 3. Auflage, Berlin 2002
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFWW027 Phasenfeldtheorie	
Modulcode	PAFWW027
Modultitel (deutsch)	Phasenfeldtheorie
Modultitel (englisch)	Phase Field Theory (intensive)
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Markus Rettenmayr, Dr. Peter Galenko
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. und M.Sc. Werkstoffwissenschaften
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Mean-Field-Theorie, Phasenübergänge, Ordnungsparameter • konservative und nicht-konservative Phasenfeld-Modelle • Analytische Lösungen: Gleichgewicht und Dynamik • Erweiterte Modelle: Mehrphasen-Felder; "Phase Field Crystal"; • schnelle diffuse Grenzflächen • Modellierung: Grundlagen numerischer Algorithmen, numerischer Schemen und Verfahren
Lern- und Qualifikationsziele	Kenntnisse über Grundlagen der Theorie der Phasenübergänge mit diffuser und scharfer Grenze. Das Finden der Phasenfeld-Gleichungen, die analytische Lösung der Gleichungen für stationäre Systeme und für das Selbst-ähnliche Regime. Die Bestimmung der physikalischen Bedeutung der thermodynamischen und kinetischen Parameter des Phasenfelds. Numerische Integration der einfachsten Phasenfeld-Gleichungen in nicht-stationären Systemen. In der Übung werden die Modelle auf praktische Beispiele angewendet. Eine individuelle Konsultation dient der Unterstützung bei der Erstellung einer Projektarbeit.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Teilnahme an den Übungen, Abgabe einer Projektarbeit
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Ausführliches Vorlesungsskript• N. Provatas, K. Elder: Phase-field methods in Materials Science and Engineering, WILEY-VCH, Weinheim, 2010;• H. Emmerich: The diffuse interface approach in materials science, Springer, Berlin 2003
Unterrichtssprache	Deutsch

Abkürzungen:

Abkürzungen für Veranstaltungen

AVL....	Antrittsvorlesung
AG....	Arbeitsgemeinschaft
AM....	Aufbaumodul
AS....	Ausstellung
BM....	Basismodul
BzPS....	Begleitveranstaltung zum Praxissemester
B....	Beratung
Bes....	Besichtigung
KB....	Besprechung
Blo....	Blockierung
BV....	Blockveranstaltung
DV....	Diavortrag
EF....	Einführungsveranstaltung
ES....	Einschreibungen
EKK....	Examensklausurenkurs
EX....	Exkursion
Exp....	Experiment/Erhebung
FE....	Feier/Festveranstaltung
F....	Filmvorführung
GÜ....	Geländeübung
GK....	Grundkurs
HpS....	Hauptseminar
HS/B....	Hauptseminar/Blockveranstaltung
HS/Ü....	Hauptseminar/Übung
Inf....	Informationsveranstaltung
IHS/ Ü....	Interdisziplinäres Hauptseminar/Übung
KS....	Klausur
PR....	Klausur/Prüfung
K....	Kolloquium
K/P....	Kolloquium/Praktikum
KS....	Konferenz/Symposium
kV....	Kulturelle Veranstaltung
Ku....	Kurs
Ku....	Kurs
Lag....	Lagerung

Abkürzungen für Veranstaltungen

LFP....	Lehrforschungsprojekt
Lek....	Lektürekurs
M....	Modul
MV....	Musikveranstaltung
OS....	Oberseminar
OnLS....	Online-Seminar
OnV....	Online-Vorlesung
P....	Praktikum
PrS....	Praktikum/Seminar
PM....	Praxismodul
Pr....	Probe
PJ....	Projekt
PPD....	Propädeutikum
PS....	Proseminar
PrVo....	Prüfungsvorbereitung
QB....	Querschnittsbereich
RE....	Repetitorium
V/R....	Ringvorlesung
SU....	Schulung
S....	Seminar
S/E....	Seminar/Exkursion
S/Ü....	Seminar/Übung
SZ....	Servicezeit
SI....	Sitzung
SoSch....	Sommerschule
SO....	Sonstiges
SV....	Sonstige Veranstaltung
SK....	Sprachkurs
TG....	Tagung
TT....	Teleteaching
TN....	Treffen
T....	Tutorium
Tu....	Tutorium
Ü....	Übung
Ü/B....	Übung/Blockveranstaltung
Ü....	Übungen
Ü/I....	Übung/Interdisziplinär
Ü/P....	Übung/Praktikum
Ü/T....	Übung/Tutorium
Ve....	Versammlung

Abkürzungen für Veranstaltungen

ViKo....	Videokonferenz
V....	Vorlesung
V/K....	Vorlesung m. Kolloquium
V/P....	Vorlesung/Praktikum
V/S....	Vorlesung/Seminar
V/Ü....	Vorlesung/Übung
VT....	Vortrag
Vor....	Vortrag
WS....	Wahlseminar
WV....	Wahlvorlesung
We....	Weiterbildung
WOS....	Workshop
Wo....	Workshop
ZÜ....	Zeugnisübergabe

Other Abbreviations

Anm.....	Anmerkung
ASQ....	Allgemeine Schlüsselqualifikationen
AT....	Altes Testament
E....	Essay
FSQ....	Fachspezifische Schlüsselqualifikationen
FSV....	Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften
GK....	Grundkurs
IAW....	Institut für Altertumswissenschaften
LP....	Leistungspunkte
NT....	Neues Testament
SQ....	Schlüsselqualifikationen
SS....	Sommersemester
SWS....	Semesterwochenstunden
TE....	Teilnahme
TP....	Thesenpublikation
ThULB....	Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek
VVZ....	Vorlesungsverzeichnis
WS....	Wintersemester