

Modulkatalog Gaststudium

128 Physik

PO-Version 2020

FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA

Inhaltsverzeichnis

PAF.1SP-G	Vorbereitungsmodul Experimentalphysik	7
PAF.1SP-R	Vorbereitungsmodul Experimentalphysik	9
PAF.2SP-G	Vorbereitungsmodul Theoretische Physik	11
PAF.2SP-R	Vorbereitungsmodul Theoretische Physik	12
PAF.5SP-G	Vorbereitungsmodul Fachdidaktik Physik	13
PAF.5SP-R	Vorbereitungsmodul Fachdidaktik Physik	14
PAFBE111	Experimentalphysik I - Mechanik und Wärmelehre	15
PAFBE211	Experimentalphysik II - Elektrodynamik und Optik	17
PAFBE311	Atome und Moleküle I	19
PAFBE411	Optik und Wellen	21
PAFBE511	Festkörper	23
PAFBP111	Grundpraktikum Experimentalphysik I	25
PAFBP211	Grundpraktikum Experimentalphysik II	27
PAFBP311	Grundpraktikum Experimentalphysik III	29
PAFBP511	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum I	31
PAFBP611	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum II	33
PAFBT211	Theoretische Mechanik	35
PAFBT311	Elektrodynamik	37
PAFBT411	Quantentheorie	39
PAFBT511	Thermodynamik und Statistische Physik	41
PAFBU111	Mathematische Methoden der Physik I	43
PAFBU311	Computational Physics I	45
PAFBU611	Seminar	47
PAFBX211	Mathematische Methoden der Physik II	48
PAFBX411	Computational Physics II	49
PAFBX421	Methoden der modernen Messtechnik	51
PAFBX431	Einführung in die Elektronik	53
PAFBX511	Einführung in die Astronomie	55
PAFBX521	Relativistische Physik	57
PAFBX531	Elektronikpraktikum	59
PAFBX541	Grundlagen der Photonik	61

PAFBX611	Kerne und Teilchen	63
PAFBX621	Atome und Moleküle II	65
PAFBX641	Technische Thermodynamik und Physik erneuerbarer Energien	67
PAFBX642	Einführung in die Biophysik	69
PAFBX643	Aktuelle Themen der Biophysik	70
PAFBX644	Themen aus der aktuellen Forschung	71
PAFDA003	Fachdidaktik Astronomie	72
PAFGP711	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum	74
PAFLA001	Mathematische Methoden der Physik für Lehramt Astronomie	76
PAFLA017	Milchstraßensystem	77
PAFLAG014	Astronomisches Praktikum	79
PAFLD312	Fachdidaktik Physik I	81
PAFLD313	Fachdidaktik Physik I	83
PAFLD411	Fortgeschrittene Physikalische Schulversuche	85
PAFLD611	Fachdidaktik Physik II	86
PAFLE211	Experimentalphysik II - Elektrodynamik	88
PAFLE411	Atom- und Molekülphysik	90
PAFLE511	Festkörperphysik	91
PAFLE811	Kern- und Teilchenphysik	92
PAFLP111	Physikalisches Grundpraktikum im Erweiterungsfach	94
PAFLP211	Physikalisches Grundpraktikum	96
PAFLT311	Theoretische Mechanik	98
PAFLT411	Theoretische Elektrodynamik	100
PAFLT511	Theoretische Quantenphysik	101
PAFLT712	Theoretische Thermodynamik und Statistik	103
PAFLX511	Optik	105
PAFLX611	Grundlagen der Physikgeschichte für Lehramtsstudierende	106
PAFLX711	Spezielle Fragen der Physikgeschichte für Lehramtsstudierende	107
PAFLX720	Ausgewählte Themen aus der Schulphysik	108
PAFLX730	Elemente der modernen Physik für das Lehramt	109
PAFLX811	Kontinuumsmechanik	110
PAFMA001	Physik der Sterne	112
PAFMA002	Astronomische Beobachtungstechnik	114
PAFMA003	Himmelsmechanik	116
PAFMA004	Astronomisches Praktikum	118
PAFMA005	Physik der Planetensysteme	120
PAFMA006	Terra-Astronomie	122
PAFMA007	Neutronensterne	124
PAFMA010	Einführung in die Radioastronomie	126
PAFMA011	Das Sonnensystem	128

PAFMA014	Kosmologie	130
PAFMA015	Historische Astronomie	132
PAFMA016	Extragalaktik	133
PAFMA017	Helio- und Asteroseismologie	135
PAFMA098	Aktuelle Forschung in der Astronomie	137
PAFMA099	Aktuelle Forschung in der Astrophysik	138
PAFMF001	Theoretische Festkörperphysik	139
PAFMF002	Theorie der Elektronenstruktur	141
PAFMF003	Solid State Optics	143
PAFMF006	Supraleitung	145
PAFMF007	Vakuum- und Dünnschichtphysik	147
PAFMF009	Optoelektronik	149
PAFMF010	Ionenstrahlphysik	150
PAFMF011	Graphene: Electronic and optical properties	151
PAFMF015	Nukleare Festkörperphysik	153
PAFMF016	Nanomaterialien und Nanotechnologie	154
PAFMF018	Quanteninformationstheorie	156
PAFMF019	Materialwissenschaft I	158
PAFMF020	Oberflächenphysik	159
PAFMF021	Zweidimensionale Materialien	160
PAFMF022	Materialwissenschaft II	161
PAFMF023	Vielteilchen-Störungstheorie	162
PAFMF098	Vertiefung Festkörperphysik I	164
PAFMF099	Vertiefung Festkörperphysik II	165
PAFMO005	Optical Metrology and Sensing	166
PAFMO006	Introduction to Optical Modeling	167
PAFMO100	Beschleunigerbasierte moderne Physik	168
PAFMO101	Active Photonic Devices	169
PAFMO102	Analytical Instrumentations	170
PAFMO103	Applied Laser Technology I	172
PAFMO104	Applied Laser Technology II	173
PAFMO106	Atomic Physics at High Field Strengths	174
PAFMO107	Attosecond Laser Physics	176
PAFMO120	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation	177
PAFMO121	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation	179
PAFMO122	Biophotonics	181
PAFMO129	Computational Imaging	183
PAFMO130	Computational Photonics	185
PAFMO131	Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter	186
PAFMO132	Optical system design fundamentals	188

PAFMO150	Erneuerbare Energien	189
PAFMO151	Experimental Nonlinear Optics	191
PAFMO160	Fiber Optics	193
PAFMO165	Grundlagen der Laserphysik	194
PAFMO170	High-Intensity/Relativistic Optics	196
PAFMO171	Milestones in Optics	197
PAFMO180	Image Processing	198
PAFMO181	Image Processing in Microscopy	199
PAFMO183	Introduction to Nanooptics	201
PAFMO184	Integrated Optics	203
PAFMO185	Innovation Methods in Photonics	205
PAFMO187	Ionenfallen und Präzisionsexperimente	207
PAFMO200	Laser Driven Radiation Sources	209
PAFMO201	Laser Engineering	210
PAFMO203	Lens Design I	212
PAFMO204	Lens Design II	213
PAFMO205	Light Microscopy	214
PAFMO220	Micro/Nanotechnology	215
PAFMO221	Microscopy	216
PAFMO222	Moderne Methoden der Spektroskopie	217
PAFMO230	Nano Engineering	218
PAFMO231	Nonlinear Dynamics in Optical Systems	220
PAFMO242	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids	221
PAFMO250	Particles in Strong Electromagnetic Fields	222
PAFMO253	Physics of Free-Electron Laser	224
PAFMO254	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation	225
PAFMO255	Plasma Physics	226
PAFMO256	Photovoltaik	228
PAFMO260	Quantum Optics	229
PAFMO261	Quantum Computing	231
PAFMO262	Quantum Communicaton	233
PAFMO263	Quantum Imaging and Sensing	235
PAFMO265	Semiconductor Nanomaterials	236
PAFMO266	Strong-Field Laser Physics	238
PAFMO270	Theory of Nonlinear Optics	239
PAFMO271	Thin Film Optics	240
PAFMO280	Ultrafast Optics	242
PAFMO290	XUV and X-Ray Optics	244
PAFMO901	Topics of Current Research I	245
PAFMO902	Topics of Current Research II	246

PAFMO903	Topics of Current Research III	247
PAFMO904	Topics of Current Research IV	248
PAFMP001	Fortgeschrittene Quantentheorie	249
PAFMP002	Physikalisches Experimentieren	251
PAFMP003	Oberseminar Gravitations- und Quantentheorie	252
PAFMP004	Oberseminar Festkörperphysik/Materialwissenschaft	254
PAFMP005	Oberseminar Astronomie/Astrophysik	256
PAFMP006	Oberseminar Optik	258
PAFMP090	Einführung in wissenschaftliches Arbeiten	259
PAFMT001	Allgemeine Relativitätstheorie	260
PAFMT002	Teilchen und Felder	262
PAFMT003	Quantenfeldtheorie	264
PAFMT010	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	266
PAFMT011	Einführung in Stringtheorie und AdS/CFT	267
PAFMT012	Das Standardmodell der Teilchenphysik	268
PAFMT013	Eichtheorien	270
PAFMT014	Quantenfeldtheorien auf dem Gitter	271
PAFMT015	Quantenphysik mit dem Rechner	273
PAFMT016	Symmetrien in der Physik	275
PAFMT017	Theoretische Atomphysik	277
PAFMT018	Physik des Quantenvakuums in starken Feldern	279
PAFMT019	Supersymmetrie	280
PAFMT020	Physik der Skalen - Die Renormierungsgruppe	282
PAFMT099	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantenfeldtheorie I	283
PAFMT200	Numerische Relativitätstheorie	284
PAFMT201	Gravitationswellen	286
PAFMT202	Computational Physics III	288
PAFMT203	Magnetohydrodynamik	290
PAFMT204	Relativistische Astrophysik	292
PAFMT205	Solitonen	294
PAFMT206	Computational Physics IV	296
PAFMT299	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie II	297
PAFMT300	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie III	298
PAFMT301	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie IV	300
PAFRP511	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum	301
PAFWW006	Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen	303
PAFWW008	Biomaterialien und Medizintechnik	304
PAFWW027	Phasenfeldtheorie	306
SPW-MET	Messmethoden in der Sportwissenschaft	308
	Abkürzungen	310

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 PAF.1SP-G Vorbereitungsmodul Experimentalphysik	
Modulcode	PAF.1SP-G
Modultitel (deutsch)	Vorbereitungsmodul Experimentalphysik
Modultitel (englisch)	Exam Preparation Module Experimental Physics
Modul-Verantwortliche/r	vom Landesprüfungsamt bestellte Prüfer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Zulassung zum ersten Abschnitt der Staatsprüfung durch das Landesprüfungsamt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	<p>128 LAG Physik: Pflichtmodul</p>
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)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar: Zusammenfassendes Überblickswissen zur Experimentalphysik, ggf. mit Ausblicken in die Geschichte der Physik oder die Wissenschaftsgeschichte allgemein • Prüfung: Inhalte der Module Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre, Experimentalphysik II - Elektrodynamik Physikalisches Grundpraktikum, Optik, Atom- und Molekülphysik, Festkörperphysik, Kern- und Teilchenphysik. Zu Beginn des Moduls wird eine Themenliste bekannt gegeben, die die Themen der genannten Module einschränkt und verbindlich für die Inhalte der Prüfung ist.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar: Die Studierenden können Zusammenhänge zwischen den einzelnen Forschungsbereichen der Experimentalphysik identifizieren, übergeordnete physikalische Prinzipien verdeutlichen sowie wesentliche Vorstellungen und mathematische Lösungsstrategien der Experimentalphysik vertieft anwenden. • Prüfung: Die Kompetenzen werden unter Heranziehung des Kompetenzkatalogs der Staatsprüfungsordnung festgestellt und bewertet.

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (30 Minuten) oder Klausur (4 Stunden). Wird Experimentalphysik als mündliche Prüfung gewählt, dann ist Theoretische Physik als schriftliche Prüfung zu wählen (und umgekehrt).
---	---

Modul PAF.1SP-R Vorbereitungsmodul Experimentalphysik	
Modulcode	PAF.1SP-R
Modultitel (deutsch)	Vorbereitungsmodul Experimentalphysik
Modultitel (englisch)	Exam Preparation Module Experimental Physics
Modul-Verantwortliche/r	vom Landesprüfungsamt bestellte Prüfer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Zulassung zum ersten Abschnitt der Staatsprüfung durch das Landesprüfungsamt
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Pflichtmodul
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)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>Seminar: Zusammenfassendes Überblickswissen zur Experimentalphysik, ggf. mit Ausblicken in die Geschichte der Physik oder die Wissenschaftsgeschichte allgemein</p> <p>Prüfung: Inhalte der Module Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre, Experimentalphysik II - Elektrodynamik, Physikalisches Grundpraktikum, Optik, Atom- und Molekülphysik, Festkörperphysik, Kern- und Teilchenphysik. Zu Beginn des Moduls wird eine Themenliste bekannt gegeben, die die Themen der genannten Module einschränkt und verbindlich für die Inhalte der Prüfung ist.</p>

Lern- und Qualifikationsziele	<p>Seminar: Die Studierenden können Zusammenhänge zwischen den einzelnen Forschungsbereichen der Experimentalphysik identifizieren, übergeordnete physikalische Prinzipien verdeutlichen sowie wesentliche Vorstellungen und mathematische Lösungsstrategien der Experimentalphysik vertieft anwenden.</p> <p>Prüfung: Die Kompetenzen werden unter Heranziehung des Kompetenzkatalogs der Staatsprüfungsordnung festgestellt und bewertet.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Mündliche Prüfung (30 Minuten) oder Klausur (4 Stunden).</p> <p>Wird Experimentalphysik als mündliche Prüfung gewählt, dann ist Theoretische Physik als schriftliche Prüfung zu wählen (und umgekehrt).</p>

Modul PAF.2SP-G Vorbereitungsmodul Theoretische Physik	
Modulcode	PAF.2SP-G
Modultitel (deutsch)	Vorbereitungsmodul Theoretische Physik
Modultitel (englisch)	Exam Preparation Module Theoretical Physics
Modul-Verantwortliche/r	vom Landesprüfungsamt bestellte Prüfer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Zulassung zum ersten Abschnitt der Staatsprüfung durch das Landesprüfungsamt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	<p>128 LAG Physik: Pflichtmodul</p>
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)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	150 h 30 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar: Zusammenfassendes Überblickswissen zur Theoretischen Physik, prüfungsrelevante Aufgabenbeispiele • Prüfung: Inhalte der Module Theoretische Mechanik, Theoretische Elektrodynamik, Theoretische Thermodynamik und Statistik, Theoretische Quantenphysik. Zu Beginn des Moduls wird eine Themenliste bekannt gegeben, die die Themen der genannten Module einschränkt und verbindlich für die Inhalte der Prüfung ist.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar: Die Studierenden können wesentliche Vorstellungen der Theoretischen Physik und des Umgangs mit den mathematischen Problemlösungsmethoden vertieft erläutern und anwenden. • Prüfung: Die Kompetenzen werden unter Heranziehung des Kompetenzkatalogs der Staatsprüfungsordnung festgestellt und bewertet.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (4 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min). Ist Theoretische Physik als schriftliche Prüfung gewählt, dann ist Experimentalphysik als mündliche Prüfung zu wählen (und umgekehrt).

Modul PAF.2SP-R Vorbereitungsmodul Theoretische Physik	
Modulcode	PAF.2SP-R
Modultitel (deutsch)	Vorbereitungsmodul Theoretische Physik
Modultitel (englisch)	Exam Preparation Module Theoretical Physics
Modul-Verantwortliche/r	vom Landesprüfungsamt bestellte Prüfer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Zulassung zum ersten Abschnitt der Staatsprüfung durch das Landesprüfungsamt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Pflichtmodul
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)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>Seminar: Verdeutlichen der wesentlichen Vorstellungen der Theoretischen Physik und des Umgangs mit den mathematischen Problemlösungsmethoden</p> <p>Prüfung: Inhalte der Module Theoretische Mechanik, Theoretische Elektrodynamik, Theoretische Thermodynamik und Statistik. Im Verlauf des Moduls wird eine Themenliste bekannt gegeben, die die Themen der genannten Module einschränkt und verbindlich für die Inhalte der Prüfung ist.</p>
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Seminar: Die Studierenden können wesentliche Vorstellungen der Theoretischen Physik und des Umgangs mit den mathematischen Problemlösungsmethoden vertieft erläutern und anwenden.</p> <p>Prüfung: Die Kompetenzen der Kandidaten werden unter Heranziehung des Kompetenzkatalogs der Staatsprüfungsordnung festgestellt und bewertet.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Mündliche Prüfung (30 Minuten) oder Klausur (4 Stunden).</p> <p>Wird Theoretische Physik als schriftliche Prüfung gewählt, dann ist Experimentalphysik als mündliche Prüfung zu wählen (und umgekehrt).</p>

Modul PAF.5SP-G Vorbereitungsmodul Fachdidaktik Physik	
Modulcode	PAF.5SP-G
Modultitel (deutsch)	Vorbereitungsmodul Fachdidaktik Physik
Modultitel (englisch)	Exam Preparation Module Teaching Methodology in Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Zulassung zum ersten Abschnitt der Staatsprüfung durch das Landesprüfungsamt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	<p>128 LAG Physik: Pflichtmodul
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)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Wissenschaftstheorie und Physikdidaktik (Phänomen und Theorie, Experimente, Modelle, Analogien, Näherungen...)
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden können die theoretisch-wissenschaftlichen Grundlagen der Fachdidaktik Physik reflektiert anhand der eigenen Praxiserfahrung analysieren und bewerten sowie die Ergebnisse der fachdidaktischen Forschung und die Grundlagen der Physikdidaktik auf die konkrete Unterrichtssituation anwenden.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (30 Minuten)
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAF.5SP-R Vorbereitungsmodul Fachdidaktik Physik	
Modulcode	PAF.5SP-R
Modultitel (deutsch)	Vorbereitungsmodul Fachdidaktik Physik
Modultitel (englisch)	Exam Preparation Module Teaching Methodology in Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Holger Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Zulassung zum ersten Abschnitt der Staatsprüfung durch das Landesprüfungsamt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Pflichtmodul
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)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	150 h Seminar: 30 h 120 h
Inhalte	Wissenschaftstheorie und Physikdidaktik (Begründung des Physikunterrichts, Phänomen und Theorie, Experimente, Modelle, Analogien, ...)
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die theoretisch- wissenschaftlichen Grundlagen der Fachdidaktik Physik reflektiert anhand der eigenen Praxiserfahrung analysieren und bewerten sowie die Ergebnisse der fachdidaktischen Forschung und die Grundlagen der Physikdidaktik auf die konkrete Unterrichtssituation anwenden.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (30 Minuten)

Modul PAFBE111 Experimentalphysik I - Mechanik und Wärmelehre	
Modulcode	PAFBE111
Modultitel (deutsch)	Experimentalphysik I - Mechanik und Wärmelehre
Modultitel (englisch)	Experimental Physics I (mechanics, thermodynamics)
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Vorkurs Mathematik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 128 LAR Physik: Pflichtmodul 128 LAG Physik: Pflichtmodul 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Pflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 105 B.Sc. Mathematik: Pflichtmodul (Nebenfach Physik) 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 039 B.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 5 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 105 h 135 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	Die Studierenden können grundlegende Kenntnisse der Experimentalphysik aus den Bereichen Mechanik, Relativitätstheorie und Wärmelehre erklären und diskutieren. Sie können sie in Aufgaben aus diesen Themengebieten selbständig anwenden.
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 am Ende des Semesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Experimentalphysik: z.B.: Feynman, Bergmann-Schäfer, Demtröder, Gerthsen, Dransfeld, Halliday, Pohl, etc.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBE211 Experimentalphysik II - Elektrodynamik und Optik	
Modulcode	PAFBE211
Modultitel (deutsch)	Experimentalphysik II - Elektrodynamik und Optik
Modultitel (englisch)	Experimental Physics II (electrodynamics, optics)
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus, Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Pflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 079 B.Sc. und M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 B.Sc. und M.Sc. Mathematik: Pflichtmodul (Nebenfach Physik) 039 B.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul
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	Die Studierenden können grundlegende Arbeitsweisen der Experimentalphysik und physikalische Inhalte der Elektrodynamik erläutern. Die Studierenden können die inhaltlichen Kenntnisse zum selbständigen Lösen von Übungsaufgaben anwenden. Die Studierenden können grundlegende Fragestellungen aus allen Teilgebieten der Elektrodynamik inklusive Optik analysieren und dazu getroffenen Aussagen beurteilen.

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 am Ende des Semesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I PAFBE211 Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 039 M.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul (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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
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	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene, Methoden und Konzepte der Atom- und Molekülphysik sowie der optischen Spektroskopie erläutern und zum selbständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Atom- und Molekülphysik anwenden.
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 der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Zusätzliche Informationen zum Modul	-
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Grundkurs Experimentalphysik I PAFBE211 Grundkurs Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 039 M.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul (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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	Wiederholung geometrische Optik, Elektromagnetische Wellen im Vakuum, in Dielektrika, in Metallen und in inhomogenen Medien, Polarisation und anisotrope Medien, kristalloptische Bauelemente, Interferometrie, Beugungstheorie, Fourieroptik
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene, Methoden und Konzepte der Optik, insbesondere der Wellenoptik erläutern. Zudem können sie selbständig Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Optik lösen.
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 Klausur oder mündliche Prüfung. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Zusätzliche Informationen zum Modul	-
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I PAFBE211 Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 039 M.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul (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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	Kristallstruktur und deren Bestimmung Phononen und Elektronen im Kristall Bändermodell, Metalle, Halbleiter, dielektrische Festkörper, Supraleitung
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Festkörperphysik erläutern sowie zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet anwenden.
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 der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Zusätzliche Informationen zum Modul	-
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	Prof. Dr. K. Schreyer Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I - ggfs. paralleler Erwerb von Grundkenntnissen
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 105 B.Sc. Mathematik: Pflichtmodul (Nebenfach Physik) 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik)
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 an 12 Versuchstagen
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	48 h
- Selbststudium	72 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Mechanik Wärmelehre
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können physikalische Grundkenntnisse anhand der Versuchsanleitungen identifizieren und einsetzen, physikalische Messaufgaben durchführen und protokollieren, wichtige physikalische Messprinzipien anwenden, die Größenordnung der auftretenden Messabweichungen beurteilen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsnote (100%) Setzt sich zusammen aus 3 Kolloquien und Akzeptanzbewertungen der Praktikumsprotokolle

Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Versuchsanleitungen zum Physikalischen Grundpraktikum für Studentierende der Physik (auf Homepage)
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBP211 Grundpraktikum Experimentalphysik II	
Modulcode	PAFBP211
Modultitel (deutsch)	Grundpraktikum Experimentalphysik II
Modultitel (englisch)	Basic Physics Lab II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. K. Schreyer Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBP111 Grundpraktikum Experimentalphysik I PAFBE111 Experimentalphysik I PAFBE211 Experimentalphysik II - paralleler Erwerb von Grundkenntnissen
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 079 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik)
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 an 12 Versuchstagen
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	Die Studierenden können physikalische Grundkenntnisse anhand der Versuchsanleitungen identifizieren und einsetzen, physikalische Messaufgaben durchführen und protokollieren, wichtige physikalische Messprinzipien anwenden, die Größenordnung der auftretenden Messabweichungen beurteilen. Die Studierenden können eine Auswertungssoftware bedienen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsnote (100%) Setzt sich zusammen aus 3-4 Kolloquien und Akzeptanzbewertungen der Praktikumsprotokolle
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 PAFBP311 Grundpraktikum Experimentalphysik III	
Modulcode	PAFBP311
Modultitel (deutsch)	Grundpraktikum Experimentalphysik III
Modultitel (englisch)	Basic Physics Lab III
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. K.Schreyer Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundpraktikum Experimentalphysik I PAFBP111 PAFBE111 Experimentalphysik I PAFBE111 PAFBE211 Experimentalphysik II PAFBE211
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik)
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	Die Studierenden können physikalische Grundkenntnisse anhand der Versuchsanleitungen identifizieren und einsetzen, physikalische Messaufgaben durchführen und protokollieren, wichtige physikalische Messprinzipien anwenden, die Größenordnung der auftretenden Messabweichungen beurteilen. Die Studierenden können einen Auswertungssoftware bedienen und die Grundlagen der statistischen Auswertung von Messungen anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsnote (100%) Setzt sich zusammen aus Moodle-Antestaten und Protokollbewertungen (8 Protokolle)

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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I PAFBE211 Experimentalphysik II PAFBP111 Grundpraktikum Experimentalphysik I PAFBP211 Grundpraktikum Experimentalphysik II PAFBP311 Grundpraktikum Experimentalphysik III PAFBE311 Atome und Moleküle I
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc.Physik: Pflichtmodul
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 75 h 105 h
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	Die Studierenden können sich in eine spezielle physikalische Fragestellung einarbeiten, sich selbständig experimentelle Kenntnisse und Fertigkeiten auf verschiedenen Teilgebieten der Physik erarbeiten, wichtige physikalische Experimentiertechniken anwenden und selbständig experimentieren, wobei sie die Versuchsplanung, den Aufbau von Messanordnungen, die Messung, die Protokollierung, die rechnergestützte Datenerfassung und Datenauswertung sowie die Ergebnisdarstellung durchführen können.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Erfolgreicher Abschluss von 3 Praktikumsversuchen einschließlich der dazugehörigen Prüfungen und schriftlichen Ausarbeitungen: Die Versuchsnoten ergeben sich aus jeweils 3 Teilnoten: Versuchsvorbereitung und -durchführung, schriftliche Prüfung, schriftliche Ausarbeitung. Die Modulnote ergibt sich aus dem Mittelwert der Versuchsnoten.
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I PAFBE211 Experimentalphysik II PAFBP111 Grundpraktikum Experimentalphysik I PAFBP211 Grundpraktikum Experimentalphysik II PAFBP311 Grundpraktikum Experimentalphysik III PAFBE311 Atome und Moleküle I
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B. Sc. Physik: Pflichtmodul
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 75 h 105 h
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	Die Studierenden können sich in eine spezielle physikalische Fragestellung einarbeiten, sich selbständig experimentelle Kenntnisse und Fertigkeiten auf verschiedenen Teilgebieten der Physik erarbeiten, wichtige physikalische Experimentiertechniken anwenden und selbständig experimentieren, wobei sie die Versuchsplanung, den Aufbau von Messanordnungen, die Messung, die Protokollierung, die rechnergestützte Datenerfassung und Datenauswertung sowie die Ergebnisdarstellung durchführen können.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Erfolgreicher Abschluss von 3 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
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 039 M.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul (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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
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	Die Studierenden können Grundlagen und Methoden der klassischen Mechanik erläutern und selbständig in Aufgaben anwenden.
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	-
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul
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	Die Studierenden können Grundlagen und Methoden der Elektrodynamik erläutern und selbständig in Aufgaben anwenden.
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)
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
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. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBT211 Theoretische Mechanik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul
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	Mathematischer Formalismus, Observable, Zustände und Unbestimmtheit, eindimensionale Systeme, harmonischer Oszillator, Zeitentwicklung und Bilder, Symmetrien, Drehimpuls, Zentralkräfte, Wasserstoffatom, geladene Teilchen im elektromagnetischen Feld, stationäre Näherungsverfahren
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können den Zusammenhang von klassischer und Quantenphysik, die Grundlagen und Methoden der Quantenphysik erläutern, Strukturen erkennen und selbständig in Aufgaben anwenden.
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	-
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. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBT211 Theoretische Mechanik PAFBT311 Elektrodynamik PAFBT411 Quantentheorie
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul
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	Die Studierenden können Grundlagen und Methoden der Thermodynamik und statistischen Physik erläutern, Strukturen erkennen und selbständig in Aufgaben anwenden.
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	-
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 I	
Modulcode	PAFBU111
Modultitel (deutsch)	Mathematische Methoden der Physik I
Modultitel (englisch)	Mathematical Methods of Physics I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Teilnahme am Vorkurs Mathematik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 128 LAR Physik: Pflichtmodul 128 LAG Physik: Pflichtmodul 105 B.Sc. Mathematik: Pflichtmodul (Nebenfach Physik) 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Pflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 039 B.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul
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)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	Potenzreihen, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Grundlagen der linearen Algebra: Vektoren, Basen, Koordinatensysteme (auch krummlinige), Matrizen, Determinanten, lineare Gleichungssysteme, Eigenwerte und -vektoren Vektoranalysis: Differentialoperatoren, Kurven-, Flächen- und Volumenintegrale
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegende mathematische Begriffe und Methoden, deren Kenntnis und Beherrschung für das Verständnis der Theoretischen Mechanik und Elektrodynamik erforderlich ist, erläutern und begründen sowie in Aufgaben selbständig anwenden.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Grundkurs Experimentalphysik I PAFBE211 Grundkurs Experimentalphysik II PAFBT211 Theoretische Mechanik FMI-MA7001 Analysis 1 - B.Sc. Physik FMI-MA7002 Analysis 2 - B.Sc. Physik FMI-MA7011 Lineare Algebra und Analytische Geometrie 1 - B.Sc. Physik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 039 B.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul 039 M.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul (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. Python)
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegenden Begriffe und Konzepte der numerischen Modellierung physikalischer Probleme erklären und anwenden. Sie erwerben Fähigkeiten zum selbständigen Entwickeln numerischer Algorithmen.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Regelmäßige Teilnahme an den Computerübungen
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
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	Prof. Dr. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Pflichtmodul
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 zu ausgewählten Themen der Physik
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können sich selbständig in eine spezielle physikalische Fragestellung einarbeiten und Fachliteratur recherchieren. Sie können das Thema wissenschaftlich präsentieren und adäquat auf Fragen anderer Teilnehmender antworten. Sie erfassen die physikalischen Inhalte anderer Vorträge und erlernen das wissenschaftliche Diskutieren.
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, der Diskussion und der schriftlichen Ausarbeitung.
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Vorkurs Mathematik PAFBU111 Mathematische Methoden der Physik I
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (freier Bereich) 128 LAR Physik: Pflichtmodul 128 LAG Physik: Pflichtmodul
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: Integralsätze (Green, Stokes, Gauß) Funktionenräume Fourierreihe und Fouriertransformation Dirac'sche Delta-Funktion
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können fortgeschrittene mathematische Begriffe und Methoden, deren Kenntnis und Beherrschung für das Verständnis der Theoretischen Mechanik und Elektrodynamik erforderlich ist, erläutern und begründen sowie in Aufgaben selbständig anwenden.
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 oder mündliche Prüfung (Prüfungsform wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Computational Physics I PAFBU311 Theoretische Mechanik PAFBT211 Elektrodynamik PAFBT311
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	039 M.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (im freien Bereich) 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Spezialisierung Gravitations- und Quantentheorie 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	Einführung in Unix und höhere Programmiersprachen (z.B.: C/C++, Fortran) Numerische Lösung partieller Differentialgleichungen Monte-Carlo Verfahren Molekulardynamische Verfahren Minimierungsprobleme
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegenden Begriffe und Konzepte der numerischen Modellierung physikalischer Probleme erklären und anwenden. Sie erwerben Fähigkeiten zum selbständigen Entwickeln numerischer Algorithmen und zur Visualisierung großer Datenmengen.

Voraussetzung für die Zulassung zur - Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Zusätzliche Informationen zum Modul	
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	PD Dr. R. Forker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBP111 Grundpraktikum Experimentalphysik I PAFBP211 Grundpraktikum Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (freier Bereich) 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (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 Seminar
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	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	Die Studierenden können Methoden und Inhalte, die für die erfolgreiche Absolvierung des Fortgeschrittenen-Praktikums, einer exp. Abschlussarbeit oder einer selbständig, erfolgreichen experimentellen Tätigkeit im Berufsleben von Bedeutung sind, anwenden.
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	
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX431 Einführung in die Elektronik	
Modulcode	PAFBX431
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Elektronik
Modultitel (englisch)	Introduction to Electronics
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. R. Forker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I PAFBE211 Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach 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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
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	<p>Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse zum Aufbau und zur Wirkungsweise von elektronischen Bauteilen und Schaltungen. Sie sind in der Lage von den vorgestellten Beispielen sich Kenntnisse über andere elektronische Bauelemente selbst zu erarbeiten. Die Studierenden verfügen über die Fähigkeiten die Kenngrößen elektronischer Bauelemente zu ermitteln und in praktischen Anwendungen einzusetzen.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%). Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	
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
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre PAFBE211 Grundkurs Experimentalphysik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (physikalischer Bereich) 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 014 LAG Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (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	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	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	Die Studierenden können die unter den Inhalten genannten Themen, Phänomene und Konzepte der Astronomie wiedergeben und erläutern. Sie können einfache Aufgaben aus den verschiedenen Teilgebieten selbständig lösen.
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	
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBT211 Theoretische Mechanik PAFBT311 Elektrodynamik PAFBT411 Quantentheorie
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Spezialisierung Gravitations- und Quantentheorie 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	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 Grenzfal; Schwarzschild-Lösung; Klassische Effekte der ART; Kugelsymmetrische Sternmodelle; Schwarze Löcher)
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können Grundlagen und Methoden der speziell- und allgemein-relativistischen Physik erläutern und zum Lösen einfacher Aufgaben selbständig anwenden.
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). Details werden zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX531 Elektronikpraktikum	
Modulcode	PAFBX531
Modultitel (deutsch)	Elektronikpraktikum
Modultitel (englisch)	Electronics Lab
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. R. Forker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBX431 Einführung in die Elektronik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (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	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	Die Studierenden können Grundkenntnisse der Funktionsweisen elektronischer Bauelemente sowie der Schaltungselektronik erläutern sowie praktisch umsetzen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
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	
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (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	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	Die Studierenden können die grundlegenden optischen Eigenschaften von photonischen Bauelementen erklären und kennen die Auslegung linearer und nichtlinearer optischer Komponenten. Sie können photonische Fragestellungen selbständig lösen.
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)

Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	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
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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I PAFBE211 Experimentalphysik II PAFBE311 Atome und Moleküle I PAFBE511 Festkörper PAFBT411 Quantentheorie
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (physikalischer Bereich) 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (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	Starke Wechselwirkung Eigenschaften stabiler Kerne Kernmodelle Kernspaltung Alpha- und Beta Zerfall Elektromagnetische Übergänge Paritätsverletzung schwache Wechselwirkung
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegende Inhalte, Phänomene und Konzepte der Kern- und Elementarteilchenphysik erläutern sowie zum selbständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Kern- und Elementarteilchenphysik anwenden.

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	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkurs Experimentalphysik I PAFBE111 Grundkurs Experimentalphysik II PAFBE211 Atome und Moleküle I PAFBE311 Optik und Wellen PAFBE411 Festkörper PAFBE511 Quantentheorie PAFBT411
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (physikalischer Bereich) 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (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	Wiederholung Atome und Moleküle I Allg. Gesetzmäßigkeiten optischer Übergänge Moderne Methoden der Spektroskopie, Laseranwendungen Grundlagen der Quantentheorie der chemischen Bindung
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können spezielle Inhalte, Phänomene und fortgeschrittene Konzepte der Atom- und Molekülphysik sowie der optischen Spektroskopie erklären und in anspruchsvollen Übungsaufgaben selbständig anwenden.
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. Details werden zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	
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. F. Machalett
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre PAFBP111 Grundpraktikum Experimentalphysik I
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (freier Bereich) 128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 039 M.Sc. Geowissenschaften: Wahlpflichtmodul (transdisziplinärer Bereich) 532 M.Sc. Chemie-Energie-Umwelt: Wahlpflichtmodul
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 30 h 90 h
Inhalte	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	Die Studierenden können grundlegende Begriffe und Gesetze der Thermodynamik und ihren Anwendungen in der Technik erläutern. Sie können selbständig Aufgaben der Technischen Thermodynamik, Energietechnik, Automobiltechnik lösen und anwenden. Die Studierenden sind in der Lage, die vorgestellten Anwendungen kritisch zu evaluieren und einen Bezug zu relevanten Problemen herzustellen, insbesondere bei den erneuerbaren Energien.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	
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. Dr. C. Eggeling
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul
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	Die Studierenden erwerben Fähigkeiten zum interdisziplinären Denken und selbständigen Lösen von einfachen Anwendungsaufgaben in der Biophysik.
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.
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Literatur 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. Dr. C. Eggeling
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B. Sc. Physik: Wahlpflichtmodul
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.
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben Fähigkeiten zum interdisziplinären Denken, sowie zum Präsentieren. Die Studierenden können selbständig anspruchsvolle Anwendungsaufgaben in der Biophysik bearbeiten.
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.
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX644 Themen aus der aktuellen Forschung	
Modulcode	PAFBX644
Modultitel (deutsch)	Themen aus der aktuellen Forschung
Modultitel (englisch)	Topics of Modern Research
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Ammon
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 BSc. Physik: Wahlpflichtmodul
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"> • Arbeiten mit wissenschaftlichen Quellen • Strategien in der Literaturrecherche • Gute wissenschaftliche Praxis <p>Die Themen können aus allen Teilgebieten der Physik angeboten werden.</p>
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können Techniken wissenschaftlichen Arbeitens anwenden und eigene wissenschaftliche Hypothesen entwickeln.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Hausarbeit oder Vortrag (100%). Die Art der Prüfung wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFDA003 Fachdidaktik Astronomie	
Modulcode	PAFDA003
Modultitel (deutsch)	Fachdidaktik Astronomie
Modultitel (englisch)	Didactics of Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Holger Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	4 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Seminar
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Begründung und Ziele eines eigenständigen Astronomieunterrichts (Auseinandersetzung mit Lehrplänen der Jahrgangsstufen 9/10 und 11/12), Didaktik der sphärischen Astronomie (Alltagsphänomene, Drehbare Sternkarte), Anleitung zur astronomischen Schülerbeobachtung mit kleinen Instrumenten (einschl. Fotografie), Verwendung von Demonstrationsmodellen und -experimenten im Astronomieunterricht (einschl. Computersimulationen), Didaktik des Hertzsprung-Russel-Diagramms als Zustands- und Entwicklungsdiagramm
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die theoretisch-wissenschaftlichen Grundlagen der Methoden des Astronomieunterrichts und den Lehrplan im Fach Astronomie wiedergeben und erläutern sowie zur Vorbereitung auf den eigenen Unterricht anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Beteiligung an der Seminardiskussion und Protokolle schulastronomischer Beobachtungen (Details werden zu Beginn jedes Semesters bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Präsentation einer Lehrinheit (mündliche Prüfung, 100%)

Empfohlene Literatur

Diesterweg, Höfler, Lehrpläne, Kippenhahn, Brandt, Zeitschrift
Astronomie und Raumfahrt im Unterricht

Modul PAFGP711 Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum	
Modulcode	PAFGP711
Modultitel (deutsch)	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum
Modultitel (englisch)	Advanced Physics Lab
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre PAFLE211 Experimentalphysik II - Elektrodynamik PAFLP211 Physikalisches Grundpraktikum PAFLE411 Atom und Molekülphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1-2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 4 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	90 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	Die Studierenden können sich in eine spezielle physikalische Fragestellung einarbeiten, sich selbständig experimentelle Kenntnisse und Fertigkeiten auf verschiedenen Teilgebieten der Physik erarbeiten, wichtige physikalische Experimentiertechniken anwenden und selbständig experimentieren, wobei sie die Versuchsplanung, den Aufbau von Messanordnungen, die Messung, die Protokollierung, die rechnergestützte Datenerfassung und Datenauswertung sowie die Ergebnisdarstellung durchführen können.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Erfolgreicher Abschluss von 3 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.

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

Modul PAFLA001 Mathematische Methoden der Physik für Lehramt Astronomie	
Modulcode	PAFLA001
Modultitel (deutsch)	Mathematische Methoden der Physik für Lehramt Astronomie
Modultitel (englisch)	Mathematical Methods of Physics for Teaching Candidates in Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung Vorkurs Mathematik: 2 SWS, Übungen Vorkurs Mathematik: 1 SWS, Vorlesung Mathematische Methoden der Physik: 2 SWS, Übung Mathematische Methoden der Physik: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung der Schulmathematik: Exponentialfunktion, Differential- und Integralrechnung, Vektoren, Potenzreihen, Gewöhnliche Differentialgleichungen; • Grundlagen der linearen Algebra: Vektoren, Basen, Koordinatensysteme (auch krummlinige Orthogonalsysteme), Matrizen, Determinanten, lineare Gleichungssysteme, Eigenwerte und -vektoren; • Vektoranalysis: Differentialoperatoren, Kurven-, Flächen- und Volumenintegrale
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegende mathematischer Begriffe und Methoden für das Verständnis der Astronomie anwenden. Die Studierenden können mathematische Grundlagenaufgaben mit Bedeutung für die Astronomie einem mathematischen Teilgebiet zuordnen und lösen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Vorkurs Mathematik für Studienanfänger in Physik: Teilnahmenachweis; Mathematische Methoden der Physik: Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben)
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLA017 Milchstraßensystem	
Modulcode	PAFLA017
Modultitel (deutsch)	Milchstraßensystem
Modultitel (englisch)	Milky Way Galaxy
Modul-Verantwortliche/r	apl. Prof. Dr. K. Schreyer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBX511 Einführung in die Astronomie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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	Aufbau und Kinematik des Sternsystems, Grundgleichung der Stellarstatistik, Umgebung der Sonne, Galaktische Rotation, Oortsche Konstanten, Konzepte der Spiralstruktur, Interstellare Materie, Sternhaufen und Populationen, Satellitensysteme, Entstehung und Zukunft der Milchstraße
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden können grundlegende Elemente der Milchstraße benennen sowie die großräumige Kinematik der Sterne und der interstellaren Materie beschreiben. Außerdem können sie Modelle zur Entstehung, Beschreibung und Entwicklung der Spiralstruktur der Milchstraße erläutern. Die Studierenden können eigenständig Übungsaufgaben auf diesem Gebiet lösen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%); Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Zusätzliche Informationen zum Modul	Es ist sichergestellt, dass in jedem Semester ausreichend Wahlpflichtmodule angeboten werden. Diese sind in Friedolin hinterlegt.
Empfohlene Literatur	Scheffler H., Elsässer, H.: Bau und Physik der Galaxis; Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K.J.: Astronomie – Eine Einführung; Unsöld, A., Baschek, B.: Der neue Kosmos.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLAG014 Astronomisches Praktikum	
Modulcode	PAFLAG014
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 oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul LAG Astronomie
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 Praktikum: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 45 h 135 h
Inhalte	Verschiedene Beobachtungen, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Spektroskopie und Photometrie am Teleskop • interstellarer Staub, • Sternentstehung • Infrarot-Astronomie • Neutronenstern-Kinematik
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die Funktionsweise und Beobachtung von Sternen erläutern sowie Staublaborversuche, die zugehörige Datenauswertung und Fehlerrechnung eigenständig durchführen. Sie können Beobachtungsergebnisse analysieren und hinsichtlich ihrer Aussagekraft bewerten.
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 oder Englisch
--------------------	-----------------------

Modul PAFLD312 Fachdidaktik Physik I	
Modulcode	PAFLD312
Modultitel (deutsch)	Fachdidaktik Physik I
Modultitel (englisch)	Teaching Methodology in Physics I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFLP211 Physikalisches Grundpraktikum PAFBE11 Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre PAFLE211 Experimentalphysik II – Elektrodynamik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	PAFLD611 Fachdidaktik Physik II
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	<u>Wintersemester:</u> Vorlesung Einführung in die Physikdidaktik: 2 SWS Seminar Physikalische Schulexperimente Sek I: 3 SWS <u>Sommersemester:</u> Seminar Digitales Lehren und Lernen in der Physik: 2 SWS Seminar Physikalische Schulexperimente Sek II: 3 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 150 h 90 h
Inhalte	Vorlesung Einführung in die Physikdidaktik: Grundlagen der Physikdidaktik wie Ziele des Physikunterrichts, Methoden und Konzepte, Schülervorstellungen, Medien, Modelle und Analogien Seminar Digitales Lehren und Lernen in der Physik: ausgewählte Themen der Physik im Hinblick auf ihre Behandlung in der Schule und der Physikdidaktik unter besonderer Berücksichtigung digitaler Medien in der Lehre Seminar Physikalische Schulexperimente Sek I und Sek II: Lehreremonstrations- und Schülerexperimente aus dem Thüringer Lehrplan der Klassen 7-12, Variantenbetrachtung

Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die theoretische-wissenschaftlichen Methoden des Physikunterrichts und den Lehrplan im Fach Physik wiedergeben und erläutern, sowie zur Vorbereitung auf den eigenen Unterricht anwenden. Die Studierenden können Schulexperimente auswählen einsetzen projektieren, aufbauen, durchführen auswerten sowie ihren Nutzen beurteilen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Vortrag und regelmäßige Beteiligung an Diskussionen in Vorlesung und Seminar (Einzelheiten werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Teilnote Theorie: mündliche Prüfung (50%, nach Sommersemester). Teilnote Physikalische Schulexperimente: Portfolioprüfung zu den Praktikumsversuchen (Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben, 50%). Beide Teilprüfungen müssen einzeln bestanden sein.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLD313 Fachdidaktik Physik I	
Modulcode	PAFLD313
Modultitel (deutsch)	Fachdidaktik Physik I
Modultitel (englisch)	Teaching Methodology in Physics I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFLP211 Physikalisches Grundpraktikum PAFBE11 Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre PAFLE211 Experimentalphysik II – Elektrodynamik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	PAFLD611 Fachdidaktik Physik II
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Wintersemester: Vorlesung Einführung in die Physikdidaktik: 2 SWS Seminar Physikalische Schulexperimente Sek I: 3 SWS Sommersemester: Seminar Digitales Lehren und Lernen in der Physik: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	150 h 105 h 45 h
Inhalte	Vorlesung Einführung in die Physikdidaktik: Grundlagen der Physikdidaktik wie Ziele des Physikunterrichts, Methoden und Konzepte, Schülervorstellungen, Medien, Modelle und Analogien Seminar Digitales Lehren und Lernen in der Physik: Behandlung ausgewählter Themen der Physik im Hinblick auf ihre Behandlung in der Schule und der Physikdidaktik unter besonderer Berücksichtigung digitaler Medien in der Lehre Seminar Physikalische Schulexperimente Sek I: Lehrerdemonstrations- und Schülerexperimente aus dem Thüringer Lehrplan der Klassen 7-10, Variantenbetrachtung

Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die theoretisch-wissenschaftlichen Methoden des Physikunterrichts und den Lehrplan im Fach Physik wiedergeben und erläutern sowie zur Vorbereitung auf den eigenen Unterricht anwenden. Praxisseminar: Die Studierenden können Schulexperimente auswählen, einsetzen, projektieren, aufbauen, durchführen, auswerten sowie ihren Nutzen beurteilen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Vortrag im Seminar und regelmäßige Beteiligung an Diskussionen (Einzelheiten werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Teilnote Theorie: mündliche Prüfung (50%, nach Sommersemester) Teilnote Physikalische Schulexperimente: Portfolioprüfung zu den Praktikumsversuchen (Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben, 50%). Beide Teilprüfungen müssen einzeln bestanden sein.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLD411 Fortgeschrittene Physikalische Schulversuche	
Modulcode	PAFLD411
Modultitel (deutsch)	Fortgeschrittene Physikalische Schulversuche
Modultitel (englisch)	Advanced Physical School Lab
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Fachdidaktik Physik I
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul LAR Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praxisseminar (Wintersemester): 4 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Lehrerdemonstrations- und Schülerexperimente aus dem Thüringer Lehrplan der Klassen 11-12, Variantenbetrachtung, Demonstrationsexperimente im Hörsaal
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Praxisseminar: Erwerb von Kompetenzen zur Auswahl und zum Einsatz von Schulexperimenten, zu deren Projektierung, zum Aufbau, zur Durchführung und Auswertung sowie zu deren Einschätzung • Demonstrationsexperimente im Hörsaal: Durchführen von lernwirksamen Demonstrationsexperimenten im großen Maßstab
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Vorführen von mindestens zwei Demonstrationsexperimenten in einer Experimentalphysikvorlesung
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Portfolioprüfung zu den Praktikumsversuchen (Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben, 100%)
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLD611 Fachdidaktik Physik II	
Modulcode	PAFLD611
Modultitel (deutsch)	Fachdidaktik Physik II
Modultitel (englisch)	Teaching Methodology in Physics II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Holger Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Fachdidaktik Physik I PAFLD312 (Gymnasium) oder PAFLD313 (Regelschule)
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Pflichtmodul 128 LAG Physik: Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS Praktikum an der jeweiligen Schule
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Hospitationen im Physikunterricht • Durchführung eigenen Unterrichts in mit der Zeit zunehmendem Umfang • Auswertung und kritische Diskussion von Erfahrungen aus dem Unterricht auf Grundlage wissenschaftlicher Kenntnisse • Fachliche und fachdidaktische Vorbereitung der Unterrichtsstunden, soweit dies die Diversität der gastgebenden Schulen, Jahrgangsstufen und Studierenden zulässt
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Die Studierenden können fremden Unterricht unter vorgegebenen Fragestellungen beobachten, Beobachtungen dokumentieren und mit theoretischen Kenntnissen vergleichen, Einzelstunden in eine Unterrichtseinheit, den Stoffverteilungsplan, den Lehrplan und den Gesamtablauf des Physikunterrichtes in der Schule einordnen, die verschiedenen Phasen einer Unterrichtsstunde bewusst unterscheiden und bei der eigenen Planung und Durchführung erkennbar machen. den Zusammenhang zwischen der Klassensituation und der didaktischen Analyse der Unterrichtseinheit methodisch umsetzen, unterschiedliche Formen des Einstiegs, der Zielorientierung, der Motivation durchführen, Schüler:innen- und Demonstrationsexperimente sinnvoll auswählen, planen, vorbereiten, durchführen und auswerten, geplante Lernziele und erreichte Lernergebnisse vergleichen und nach sinnvollen Alternativen suchen, Elemente des eigenen Unterrichts kritisch reflektieren und Schlussfolgerungen für effektivere methodische Gestaltung ziehen.</p>

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme am Praxissemester und am Seminar; Erledigung von Arbeitsaufträgen, Details werden zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Dokumentation z. B. von Hospitationen sowie Unterrichtsvorbereitungen und -auswertungen im Fach Physik und von Forschungsaufträgen. Die Note der Dokumentation ist die Modulnote (100%).
Zusätzliche Informationen zum Modul	

Modul PAFLE211 Experimentalphysik II - Elektrodynamik	
Modulcode	PAFLE211
Modultitel (deutsch)	Experimentalphysik II - Elektrodynamik
Modultitel (englisch)	Experimental Physics II (electrodynamics)
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus; Prof. Dr. M. C. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Pflichtmodul 128 LAR Physik: Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 3 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	105 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Elektrostatik, stationäre Ströme, Permanentmagnete, Magnetfeld, Kraftwirkungen, elektromagnetische Induktion, Materie im Magnetfeld, Maxwellsche Gleichungen, Wechselstrom, Ladungstransportprozesse
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegende Arbeitsweisen der Experimentalphysik und physikalische Inhalte der Elektrodynamik erläutern. Die Studierenden können die inhaltlichen Kenntnisse zum selbständigen Lösen von Übungsaufgaben anwenden. Die Studierenden können grundlegende Fragestellungen aus allen Teilgebieten der Elektrodynamik analysieren und dazu getroffenen Aussagen beurteilen.
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	
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Experimentalphysik: z. B.: Tipler, Bergmann-Schäfer, Demtröder, Gerthsen, Dransfeld, Giancoli, Halliday, etc.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLE411 Atom- und Molekülphysik	
Modulcode	PAFLE411
Modultitel (deutsch)	Atom- und Molekülphysik
Modultitel (englisch)	Atomic and Molecular Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Nolte
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Pflichtmodul 128 LAG Physik: Pflichtmodul 679 BSc Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 079 MSc Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 MSc Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach 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	<ul style="list-style-type: none"> Wasserstoff-Atom, Mehrelektronenatome, Feinstruktur / Hyperfeinstruktur, Atome im Magnetfeld und elektrischen Feld, Moleküle, Methoden der Spektroskopie
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene, Methoden und Konzepte der Atom- und Molekülphysik sowie der optischen Spektroskopie erläutern und zum selbständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Atom- und Molekülphysik anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLE511 Festkörperphysik	
Modulcode	PAFLE511
Modultitel (deutsch)	Festkörperphysik
Modultitel (englisch)	Solid State Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Empfohlen: Modul Grundkurs Physik der Materie I
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Pflichtmodul 128 LAR Physik: Pflichtmodul 679 BSc Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 079 MSc Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 MSc Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach 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 1 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	Kristallstruktur und deren Bestimmung, Phononen und Elektronen im Kristall, Bändermodell, Metalle, Halbleiter, Magnetismus, Supraleiter, Dielektrika
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Festkörperphysik erläutern sowie zum selbstständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Experimentalphysik und Festkörperphysik wie Kittel, Ibach/Lüth, Kopitzki/Herzog, Bergmann/Schäfer, Weissmantel/Hamann
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLE811 Kern- und Teilchenphysik	
Modulcode	PAFLE811
Modultitel (deutsch)	Kern- und Teilchenphysik
Modultitel (englisch)	Physics of Nuclei and Elementary Particles
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFLE411 Atom- und Molekülphysik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Pflichtmodul 128 LAR Physik: Pflichtmodul (ab PO 2022, vorher Wahlpflichtmodul) 679 BSc Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik) 079 MSc Informatik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach Physik) 105 MSc Mathematik: Wahlpflichtmodul (Nebenfach 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	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Wechselwirkung, • Eigenschaften stabiler Kerne, • Kernmodelle, • Kernspaltung, Alpha-Zerfall, • Elektromagnetische Übergänge, • Beta-Zerfall, • Paritätsverletzung, • schwache Wechselwirkung
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden können grundlegende Inhalte, Phänomene und Konzepte der Kern- und Elementarteilchenphysik erläutern sowie zum selbständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Kern- und Elementarteilchenphysik anwenden.
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	
Empfohlene Literatur	Demtröder, Mayer-Kuckuck, Poch
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLP111 Physikalisches Grundpraktikum im Erweiterungsfach	
Modulcode	PAFLP111
Modultitel (deutsch)	Physikalisches Grundpraktikum im Erweiterungsfach
Modultitel (englisch)	Basic Physics Lab (Erweiterungsfach)
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 in den Vorlesungen zur Experimentalphysik vermittelt werden.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 Erweiterungsfach Regelschule Physik: Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 3 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"> • Mechanik • Wärmelehre • Elektrophysik • Optik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erwerb von physikalischen Grundkenntnissen gemäß der Versuchsanleitungen • Durchführung und Protokollierung physikalischer Messaufgaben • Kenntnis wichtiger physikalischer Messprinzipien • Abschätzung der Größenordnung der auftretenden Messabweichung • Erwerb von Grundkenntnissen zur Bedienung des Programms „Origin“
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsnote (100%) Setzt sich zusammen aus mindestens 3 mündlichen Prüfungen über je 20 Minuten und Akzeptanzbewertung der Praktikumsprotokolle (11 Versuche und 1 Hausversuch mit Fehlerrechnung).
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note geht 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 PAFLP211 Physikalisches Grundpraktikum	
Modulcode	PAFLP211
Modultitel (deutsch)	Physikalisches Grundpraktikum
Modultitel (englisch)	Basic Physics Lab
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. K. Schreyer Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Paralleler Erwerb von Grundkenntnissen in Experimentalphysik, wie sie in den Modulen PAFLE111 Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre und PAFLE211 Experimentalphysik II – Elektrodynamik vermittelt werden.
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Pflichtmodul 128 LAR Physik: Pflichtmodul (nicht im Erweiterungsfach)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 6 SWS (aufgeteilt auf 2 Semester)
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"> • Mechanik • Wärmelehre • Elektrophysik • Optik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden können physikalische Grundkenntnisse anhand der Versuchsanleitungen identifizieren und einsetzen, physikalische Messaufgaben durchführen und protokollieren, wichtige physikalische Messprinzipien anwenden, die Größenordnung der auftretenden Messabweichungen beurteilen und das Programm „Origin“ grundlegend bedienen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsnote (100%). Setzt sich zusammen aus mindestens 4 mündlichen Prüfungen über je 20 Minuten und Akzeptanzbewertung der Praktikumsprotokolle (17 Versuche und 1 Hausversuch mit Fehlerrechnung).

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

Modul PAFLT311 Theoretische Mechanik	
Modulcode	PAFLT311
Modultitel (deutsch)	Theoretische Mechanik
Modultitel (englisch)	Theoretical Mechanics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBU111 Mathematische Methoden der Physik I PAFBX211 Mathematische Methoden der Physik II
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Pflichtmodul 128 LAR Physik: Pflichtmodul
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 Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	7 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	210 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Vorlesung und Übungen: Mechanik eines Massenpunktes, Massenpunktsysteme, d'Alembertsches Prinzip, Lagrange-Gleichungen 1. und 2. Art, Hamiltonsches Prinzip, starrer Körper, Hamiltonsche Formulierung Seminar: Fachliche und fachdidaktische Aspekte der Mechanik mit Schulrelevanz, didaktische Rekonstruktion, Fehlvorstellungen
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können Grundlagen und Methoden der klassischen Mechanik erläutern und selbstständig in Aufgaben anwenden. Sie können Fehlvorstellungen beurteilen und didaktische Rekonstruktionen anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der theoretischen Physik von z.B. Sommerfeld, Landau/Lifschitz, Scheck; Budó: Theoretische Mechanik; Stephani/Kluge: Theoretische Mechanik
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLT411 Theoretische Elektrodynamik	
Modulcode	PAFLT411
Modultitel (deutsch)	Theoretische Elektrodynamik
Modultitel (englisch)	Theoretical Electrodynamics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFLT 311 Theoretische Mechanik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Pflichtmodul 128 LAG Physik: Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 3 SWS Seminar: 1 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	7 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	210 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Vorlesung und Übungen: Differentielle und integrale Maxwell-Gleichungen, Mikroskopische und makroskopische Elektrodynamik, Elektrostatik und Magnetostatik, quasistationäre Felder, Erzeugung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen Seminar: Fachliche und fachdidaktische Aspekte der Elektrodynamik mit Schulrelevanz, didaktische Rekonstruktion, Fehlvorstellungen
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können Grundlagen und Methoden der Elektrodynamik erläutern und selbständig in Aufgaben anwenden. Sie können Fehlvorstellungen beurteilen und didaktische Rekonstruktionen anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Theoretischen Physik: Jackson, Sommerfeld, Landau/Lifschitz, Nolting, Greiner etc.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLT511 Theoretische Quantenphysik	
Modulcode	PAFLT511
Modultitel (deutsch)	Theoretische Quantenphysik
Modultitel (englisch)	Theoretical Quantum Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFLT311 Theoretische Mechanik PAFLT411 Theoretische Elektrodynamik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Pflichtmodul
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 Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	7 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	210 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung und Übungen: Anfänge der Quantentheorie, Wellenmechanik, mathematischer Formalismus, Observable, Zustände und Unbestimmtheit, Verschränkung, eindimensionale Systeme, harmonischer Oszillator, Teilchenzahldarstellung, Zeitentwicklung und Bilder, Symmetrien, Drehimpuls, Zentralkräfte, Wasserstoffatom, geladene Teilchen im elektromagnetischen Feld, stationäre Näherungsverfahren • Seminar: Fachliche und fachdidaktische Aspekte der Quantentheorie mit Schulrelevanz, didaktische Rekonstruktion, Fehlvorstellungen
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können den Zusammenhang von klassischer und Quantenphysik, die Grundlagen und Methoden der Quantenphysik erläutern und selbständig in Aufgaben anwenden. Sie können die Wesenszüge der Quantenphysik beschreiben und diskutieren sowie Fehlvorstellungen beurteilen und didaktische Rekonstruktionen anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
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 PAFLT712 Theoretische Thermodynamik und Statistik	
Modulcode	PAFLT712
Modultitel (deutsch)	Theoretische Thermodynamik und Statistik
Modultitel (englisch)	Theoretical Thermodynamics und Statistics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFLT311 Theoretische Mechanik PAFLT411 Theoretische Elektrodynamik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Pflichtmodul 128 LAR Physik: Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 3 SWS Seminar: 1 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	7 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	210 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Vorlesung und Übungen: 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 Seminar: Fachliche und fachdidaktische Aspekte der Thermodynamik und Statistik mit Schulrelevanz, didaktische Rekonstruktion, Fehlvorstellungen
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können Grundlagen und Methoden der Thermodynamik und statistischen Physik erläutern und selbständig in Aufgaben anwenden. Sie können Fehlvorstellungen beurteilen und didaktische Rekonstruktionen anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters 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 PAFLX511 Optik	
Modulcode	PAFLX511
Modultitel (deutsch)	Optik
Modultitel (englisch)	Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Holger Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Pflichtmodul 128 LAG Physik: Pflichtmodul
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 1 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"> • Verschiedene Modellvorstellungen von Licht, Strahlenoptik, Wellenoptik, elektromagnetische Wellen • Lichtausbreitung, Beugung, Bildentstehung • Polarisation, Grenzfläche und optische Schichten • Optische Instrumente • Anwendungen, Laser und Gaußoptik
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die Grundlagen der modernen Optik, wie sie unter den Inhalten genannt sind, erläutern und ihre Methoden anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Teilnahme an Veranstaltung, Bearbeitung von Vor- und Nachbereitungsaufgaben (Details in der ersten Lehrveranstaltung)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung bzw. Hausarbeit (Festlegung in der ersten Veranstaltung)
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Experimentalphysik (detaillierte Literaturliste wird in der ersten Veranstaltung verteilt)
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLX611 Grundlagen der Physikgeschichte für Lehramtsstudierende	
Modulcode	PAFLX611
Modultitel (deutsch)	Grundlagen der Physikgeschichte für Lehramtsstudierende
Modultitel (englisch)	Foundations of History of Physics for Teacher Students
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Christian Forstner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul
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
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Das Modul vermittelt grundlegende Kenntnisse über die Geschichte der Physik aus einer ideengeschichtlichen und einer sozial bzw. strukturgeschichtlichen Perspektive ausgehend von der antiken Naturphilosophie bis ins 20. Jahrhundert. Dabei sollen die Theoriegenese und der Theoriewandel sowie die Entwicklung der zentralen Begrifflichkeiten der modernen Physik erarbeitet werden. Ebenso zentral sind die Strukturen und sozialen Geflechte, in denen die Physik im 19. und 20. Jahrhundert betrieben wurde.
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die Grundzüge der Geschichte der Physik wiedergeben und am konkreten Gegenstand Arbeitstechniken und Methoden der Geschichte der Naturwissenschaften anwenden.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Modulprüfung im Umfang von 30 min
Empfohlene Literatur	Wolfgang Schreier (Hrsg.), Geschichte der Physik. Ein Abriss. (Diepholz, Stuttgart, Berlin 2008), Iwan Rhys Morus, When Physics Became King (Chicago 2005); Helge Kragh, Quantum Generations A History of Physics in the Twentieth Century (Princeton 1999);
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLX711 Spezielle Fragen der Physikgeschichte für Lehramtsstudierende	
Modulcode	PAFLX711
Modultitel (deutsch)	Spezielle Fragen der Physikgeschichte für Lehramtsstudierende
Modultitel (englisch)	Special Topics of History of Physics for Teaching Students
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Christian Forstner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Seminar
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 30 h 90 h
Inhalte	Das Modul vertieft die in der Überblicksvorlesung erworbenen Grundkenntnisse zur Geschichte der Physik an ausgewählten Beispielen aus dem 19. und 20. Jahrhundert. Im Brennpunkt stehen die großen inhaltlichen und strukturellen Umbrüche, die die Disziplin in dieser Zeit erfahren hat. Als mögliche Schlagworte können Quantenmechanik, Relativitätstheorie, aber auch Großforschung und gesellschaftspolitische Einschnitte wie die NS-Diktatur genannt werden.
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können spezielle Themen der Geschichte der Physik wiedergeben und am konkreten Gegenstand Arbeitstechniken und Methoden der Geschichte der Naturwissenschaften anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Referat mit Thesenpapier, regelmäßige Teilnahme (80%) und Mitarbeit am Seminar.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche Hausarbeit im Umfang von 15-20 Seiten
Empfohlene Literatur	Wolfgang Schreier (Hrsg.), Geschichte der Physik. Ein Abriss. (Diepholz, Stuttgart, Berlin 2008), Iwan Rhys Morus, When Physics Became King (Chicago 2005); Helge Kragh, Quantum Generations A History of Physics in the Twentieth Century (Princeton 1999); Spezifische Literatur wird zu Beginn des Semesters genannt.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLX720 Ausgewählte Themen aus der Schulphysik	
Modulcode	PAFLX720
Modultitel (deutsch)	Ausgewählte Themen aus der Schulphysik
Modultitel (englisch)	Selected Topics of School Physics
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul
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	Themen nah am Lehrplan z.B. Energie, Kraft, Felder, Materie, System, Wechselwirkung wie in der Vorlesungsankündigung angegeben.
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die besprochenen Begriffe fachlich korrekt auf verschiedenen Niveaustufen darstellen und schülergerecht vermitteln.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLX730 Elemente der modernen Physik für das Lehramt	
Modulcode	PAFLX730
Modultitel (deutsch)	Elemente der modernen Physik für das Lehramt
Modultitel (englisch)	Elements of modern physics in teacher training
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG: Wahlpflichtmodul 128 LAR: Wahlpflichtmodul
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	Das Modul behandelt ausgewählte Themen der modernen Physik, die an den Lehrplan der Schule anknüpfen und weiterführendes Wissen bieten. Darunter: Relativitätstheorie, Anwendung der Quantenphysik z.B. in Quantentechnologien, Fortgeschrittene Atom-, Molekül- und Festkörperphysik, Elementarteilchen und Quantenfeldtheorie
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen die Grundlagen und Methoden der behandelten Themen, können sich selbständig vertieft einarbeiten und sind in der Lage, sie fachlich korrekt auf verschiedenen Niveaustufen der Schule darzustellen und zu vermitteln.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Art und Umfang werden 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	Modul wird in unregelmäßigen Abständen zu wechselnden Themen angeboten (mindestens jedoch einmal in 3 Semestern)
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLX811 Kontinuumsmechanik	
Modulcode	PAFLX811
Modultitel (deutsch)	Kontinuumsmechanik
Modultitel (englisch)	Continuum Mechanics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module zur Elektrodynamik PAFBT311 oder PAFGT411
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 128 MSc. Physik Vertiefung "Gravitations- und Quantentheorie": Wahlpflichtmodul
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 1 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"> • Mechanik deformierbarer Körper (Bahnkurven, Stromlinien, Wirbel, Potentialströmungen, Tensor der Deformationsgeschwindigkeit) • Bilanzgleichungen • Materialgleichungen (Spannungs-Dehnungs-Diagramm, Hooksches Gesetz, Zustandsgleichungen, Reibungsgesetz) • Lineare Elastizitätstheorie (Torsion, Biegung, Wellen, Schwingungen) • Hydrodynamik (Strömungen, Kraft auf umströmte Gegenstände, Zirkulations- und Wirbelsätze, Ähnlichkeitsgesetze, Turbulenz, Grenzschichten)
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Kontinuumsmechanik erläutern und zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet anwenden.
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 Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	Literatur 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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Stellarphysik einordnen und anwenden, sie sind in der Lage, Aufgaben und Problemen der Stellarphysik selbständig zu bearbeiten und zu lösen.
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%). Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie PAFMA001 Physik der Sterne
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 128 MSc Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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	Die Studierenden können Methoden der beobachtenden Astronomie in allen Wellenlängen erklären und zur Beobachtung und Datenauswertung anwenden. Sie können die Teleskoptechnik in allen Wellenlängen erklären.
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%). Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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:	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	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Probleme und Methoden der klassischen und modernen Himmelsmechanik erklären und auf verschiedene astronomische Probleme anwenden. Sie können vergleichsweise einfache Aufgaben aus diesen Gebieten lösen.
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%). Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Murray, Dermott: Solar System Dynamics (Cambridge Univ. Press); • Danby: Fundamentals of Celestial Mechanics (Willmann-Bell)

Unterrichtssprache	Deutsch oder 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)	014 LAG Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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	Die Studierenden können Eigenschaften, Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems und extrasolarer Planetensysteme erklären. Sie können vergleichsweise einfache Aufgaben aus diesen Gebieten lösen.
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. Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
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	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Terra-Astronomie erklären und unterscheiden. Sie können Aufgaben aus diesen Gebieten selbständig lösen sowie Themen der Terra-Astronomie selbständig vortragen. Sie können Beiträge aus Natur- und Geisteswissenschaften verknüpfen.
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. Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Zusätzliche Informationen zum Modul	Modul wird alle 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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie PAFMA001 Physik der Sterne
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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, Supernova-Überreste; • Hochenergie-Astrophysik: Röntgen- und Gamma-Strahlung
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden können die Entwicklung von Sternen verschiedener Massen, ihre Endstadien, sowie Methoden der Hochenergie-Astrophysik wiedergeben und erklären.
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%). Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
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 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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
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	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Radioastronomie (sub-mm bis Meterwellenlängen) erklären, eigene Beobachtungen mit einem Radioteleskop vorbereiten, durchführen und auswerten.
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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul 014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul
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	Die Studierenden können die Struktur und Entwicklung des Sonnensystems und seiner Bestandteile wiedergeben, wesentliche physikalische Prozesse, Zusammenhänge, Modelle und Messmethoden erklären sowie einfache Aufgaben aus diesem Gebiet selbstständig lösen.
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%). Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
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 PAFMA014 Kosmologie	
Modulcode	PAFMA014
Modultitel (deutsch)	Kosmologie
Modultitel (englisch)	Cosmology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Cartarius, Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“ und „Gravitations- und Quantentheorie“: Wahlpflichtmodul 128 B.Sc.Physik (freier Bereich): Wahlpflichtmodul
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:	180 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	105 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
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	Die Studierenden können die Probleme, Methoden und Aussagen der modernen theoretischen und beobachtenden Kosmologie erklären. Sie sind 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 bekannt gegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%). Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
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)	128 M.Sc. Physik „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul 014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul
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:	180 h - Präsenzstunden 60 h - Selbststudium 120 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	Die Studierenden können die Geschichte der Astronomie wiedergeben, experimentelle und rechnerische Übungsaufgaben aus dem Gebiet lösen, verschiedene Denkstile und Fertigkeiten diskutieren und historische Daten interpretieren.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsaufgaben (100%). Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
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	PAFBX511 Einführung in die Astronomie PAFMA001 Physik der Sterne
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul 014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul
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)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
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	Die Studierenden können grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der beobachtenden Extragalaktik erklären sowie auf ein Verständnis extragalaktischer und kosmologischer Phänomene anwenden.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%). Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	

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 PAFMA017 Helio- und Asteroseismologie	
Modulcode	PAFMA017
Modultitel (deutsch)	Helio- und Asteroseismologie
Modultitel (englisch)	Helio- and Asteroseismology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Roth
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBX511 Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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"> • Überblick zum inneren Aufbau und Entwicklung der Sterne • Typen pulsierender Sterne • Theoretische Beschreibung stellarer Oszillationen • Beobachtungstechniken • Spektralanalyse • Inversionsverfahren • Globale und lokale Techniken der solaren Seismologie • Seismologie auf Sternen
Lern- und Qualifikationsziele	Die Vorlesung befähigt die Studierenden, die Theorie, Methoden und modernen Beobachtungsverfahren der Helio- und Asteroseismologie nachzuvollziehen. Nach Abschluss der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, den inneren Aufbau der Sonne und der Sterne sowie die in diesen Himmelskörpern ablaufenden Prozesse zu beschreiben, einzuordnen und auf Basis wissenschaftlicher Daten fundierte Aussagen zu treffen. Zudem entwickeln sie die Fähigkeit, selbst Forschungsarbeiten im Bereich der Helio- und Asteroseismologie durchführen zu können, d.h. theoretische Modelle zu entwickeln und Daten analysieren zu können
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)	Mündliche Prüfung (100%). Details werden zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Conny Aerts et al., "Astroseismology" William Chaplin, "Music of the Sun" Joergen Christensen Dalsgaard, "Lecture Notes on Stellar Oscillations" Frank Pijpers, "Methods of helio- and astroseismology"
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch bei Bedarf

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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung "Astronomie/Astrophysik": Wahlpflichtmodul
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 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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung "Astronomie/Astrophysik": Wahlpflichtmodul
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. U. Peschel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF002 Theorie der Elektronenstruktur	
Modulcode	PAFMF002
Modultitel (deutsch)	Theorie der Elektronenstruktur
Modultitel (englisch)	Electronic Structure Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. U. Peschel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 628 MSc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	165 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Introduction to the many-body problem; Wavefunction-based approaches for electronic structure; Density functional theory; Electronic excitations: beyond density functional theory.
Lern- und Qualifikationsziele	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. Starting only from the knowledge of the types of atoms that constitute a material (molecule, solid, nanostructure,...) students will learn how to determine without further experimental input, i.e. using only the laws of quantum physics, its structural and electronic properties. The lecture will initiate the students to the state-of-the-art theoretical and computational approaches used for electronic structure calculations. 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.

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	128 M.Sc. Physik: Spezialisierung „Festkörperphysik/ Materialwissenschaft“
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. Krüger
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ und „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology: Required elective module, subject area "specialization"
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"> • Introduction to the many-body problem; • Wavefunction-based approaches for electronic structure; • Density functional theory; • Electronic excitations: beyond density functional theory.
Lern- und Qualifikationsziele	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. 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. The lecture will initiate the students to the state-of-the-art theoretical and computational approaches used for electronic structure calculations. 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.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Oral examination (100%)

Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF006 Supraleitung	
Modulcode	PAFMF006
Modultitel (deutsch)	Supraleitung
Modultitel (englisch)	Superconductivity
Modul-Verantwortliche/r	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul 177 M.Sc. Materialwissenschaften, Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology: Required elective module, subject area "specialization"
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF007 Vakuum- und Dünnschichtphysik	
Modulcode	PAFMF007
Modultitel (deutsch)	Vakuum- und Dünnschichtphysik
Modultitel (englisch)	Physics of Vacuum and Thin Films
Modul-Verantwortliche/r	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Vakuumphysik und deren Anwendung in Beschichtungsanlagen; • Vakuumtechnik; • Übersicht der Dünnschichtabscheidungsverfahren; • Physik der Schichtbildungsprozesse und des Schicht-wachstums; • 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	Prof. Dr. G. Soavi
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ und „Optik“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization" 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 how to solve problems related to 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%)
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF010 Ionenstrahlphysik	
Modulcode	PAFMF010
Modultitel (deutsch)	Ionenstrahlphysik
Modultitel (englisch)	Ion Beam Modification of Materials
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
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 Schädenbildung und Amorphisierung; Anwendungsbeispiele.
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden lernen die grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Ionen-Festkörper-Wechselwirkung kennen. Sie werden befähigt, die Anwendungen von Ionenstrahlen zur Modifikation von Materialien umzusetzen.
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	Literatur wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF011 Graphene: Electronic and optical properties	
Modulcode	PAFMF011
Modultitel (deutsch)	Graphene: Electronic and optical properties
Modultitel (englisch)	Graphene: Electronic and optical properties
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. Soavi
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
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	1) Band structure of graphene and the Dirac Hamiltonian 1.1 Crystals in 2D 1.2 Tight binding of single layer graphene 1.3 Graphene field effect devices 1.4 Dirac equation 2) Dirac fermions and relativistic physics 2.1 Anomalous Quantum Hall Effect 2.2 Klein Tunneling 2.3 Effective mass and massless fermions 3) Optical properties 3.1 Phonons and Raman characterization 3.2 Absorption and visibility
Lern- und Qualifikationsziele	We will first derive and study the basic electronic properties of graphene, including the linear electronic band dispersion (Dirac cone) and the ambipolar field effect. Subsequently we will discuss the pioneering experiments (years 2004-2010) that demonstrated the analogy between electrons in graphene and relativistic particles. Finally, we will examine the most relevant linear optical properties (Raman and absorption) of single layer graphene, and how to use them for optical characterization.
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)	mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
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"> • Mößbauereffekt; • Positronenvernichtung; • Magnetische Kernresonanz; • Myonen-Spin-Rotation; • Ionenstrahlanalytik
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Festkörperphysik, die sie befähigen, entsprechende Problemstellungen zu verstehen und zu bearbeiten.
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 and Nanotechnology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Festkörperphysik, die sie befähigen, entsprechende Problemstellungen zu verstehen und zu bearbeiten.
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	
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester

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

Modul PAFMF018 Quanteninformationstheorie	
Modulcode	PAFMF018
Modultitel (deutsch)	Quanteninformationstheorie
Modultitel (englisch)	Quantum Information Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Gärttner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Quantenmechanik, Lineare Algebra
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Spezialisierung "Quanten- und Gravitationstheorie" 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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>Lecture of 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>Lecture of Dr. Sondenheimer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Open quantum systems, Density matrix formalism, Generalized measurements, Quantum channels • Superdense coding, quantum teleportation • Entanglement theory, Bell inequalities, • CHSH inequalities • Quantum circuits, universal gates • Quantum error correction
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> <p>Vermittlung grundlegender Kenntnisse zur Übertragung und Verarbeitung von Information mit Hilfe von Quantensystemen als Informationsträger</p> <p>Informationstheoretische Beherrschung der Verschränktheit von Quantensystemen</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Written or oral examination (100%);</p> <p>The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.</p>
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF019 Materialwissenschaft I	
Modulcode	PAFMF019
Modultitel (deutsch)	Materialwissenschaft I
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
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. R. Forker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
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"> • Herstellung wohldefinierter Oberflächen • Geometrische Struktur von Oberflächen • Adsorption, Desorption, Diffusion • Beugungsmethoden • Elektronische Struktur von Oberflächen • Elektronenmikroskopie • Rastersondenmethoden • Elektronenspektroskopie • Optische Spektroskopie
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse der Oberflächenphysik der Festkörper. Vermittelt werden erweiterte Kenntnisse der vielfältigen Untersuchungsmethoden zur Oberflächenanalytik und ihren Anwendungen. Die Studierenden entwickeln die Fähigkeit 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	Prof. Dr. G. Soavi
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF022 Materialwissenschaft II	
Modulcode	PAFMF022
Modultitel (deutsch)	Materialwissenschaft II
Modultitel (englisch)	Materials Science II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. K. D. Jandt
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Es wird empfohlen, vorher die Veranstaltung PAFMF019 zu besuchen (nicht zwingend notwendig)
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung Festkörperphysik/Materialwissenschaft: Wahlpflichtmodul
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 Seminar: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Materialversagen • Elektrische Eigenschaften von Materialien • Composites • Korrosion und Zersetzung von Materialien • Thermische Eigenschaften von Materialien • Magnetische Eigenschaften von Materialien • Optische Eigenschaften von Materialien • Biomaterialien • Nanomaterialien • Wirtschaftliche, Umwelt- und Sozialaspekte der Materialwissenschaft
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse und Fähigkeiten auf dem Gebiet der Materialwissenschaft, die sie befähigen, entsprechende Problemstellungen zu verstehen und lösungsorientiert zu bearbeiten.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Aufgabenstellungen im Seminar (Umfang wird zu Beginn des Seminars bekanntgegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung, erfolgreiche Teilnahme am Seminar. Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	Wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFMF023 Vielteilchen-Störungstheorie	
Modulcode	PAFMF023
Modultitel (deutsch)	Vielteilchen-Störungstheorie
Modultitel (englisch)	Many-Body Perturbation Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Caterina Cocchi
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Quantenmechanik, theoretische Festkörperphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 MSc. Physics Specialisation Solid-State Physics: required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture (2 SWS) Seminar (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"> • Quantum mechanical formalism: perturbation theory, second quantization, pictures. • Many-body systems of identical particles • Single-particle Green's functions • Two-particle Green's functions • Feynman diagrams • Wick's theorem • Random-phase approximation • GW approximation • Bethe-Salpeter equation
Lern- und Qualifikationsziele	This module introduces graduate students to advanced quantum mechanical methods for many-body problems in condensed-matter physics. Participants will acquire a comprehensive understanding of fundamental concepts and key approximations describing electronic correlations and excitations in solids. Upon completion, they will be able to apply these principles and master the corresponding formalism implemented in standard computing packages for electronic structure theory.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Oral exam or home assignment + presentation

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• E. K. U. Gross, E. Runge, O. Heinonen, Many particle theory, Adam Hilger (1991)• A. Fetter und J. D. Walecka, Quantum Theory of Many-Particle Systems, Dover (2002)• R. D. Mattuck, A guide to Feynman Diagrams in the Many-body Problem, Dover (1976)
Unterrichtssprache	English

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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
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 PAFMO005 Optical Metrology and Sensing	
Modulcode	PAFMO005
Modultitel (deutsch)	Optical Metrology and Sensing
Modultitel (englisch)	Optical Metrology and Sensing
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. F. Setzpfandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	None
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	628 M.Sc. Photonics: compulsory module 128 MSc. Physics: required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
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	<ul style="list-style-type: none"> • Basic principles • Wave optical fundamentals • Sensors • Fringe projection, triangulation • Interferometry and wave front sensing • Holography • Speckle methods and OCT • Phase retrieval • Metrology of aspheres and freeform surfaces • Confocal methods
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the main principles of optical measurements and surface metrology.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written examination (100%)
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFMO006 Introduction to Optical Modeling	
Modulcode	PAFMO006
Modultitel (deutsch)	Introduction to Optical Modeling
Modultitel (englisch)	Introduction to Optical Modeling
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. V. Blahnik
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	None
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	628 M.Sc. Photonics: compulsory module 128 MSc. Physics specialisation „Optics“: required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	Concepts of ray tracing; Modeling and design of lens systems; Image formation; Physical properties of lenses and lens materials in optical design; Image aberrations and methods to avoid them; Vectorial harmonic fields; Plane waves; Fourier transformation and spectrum of plane waves representation; Concepts of field tracing; Propagation techniques through homogeneous and isotropic media; Numerical properties of propagation techniques.
Lern- und Qualifikationsziele	The course enables students to solve problems related to the modeling and design of optical elements and systems. In the first part of the lecture we focus on ray-tracing techniques and its application through image formation. Then we combine the concepts with physical optics and obtain field tracing. It enables the propagation of vectorial harmonic fields through optical systems. In practical exercises the students will get an introduction to the use of commercial optics modeling and design software.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written examination (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • H. Gross, Handbook of Optical Systems Vol.1: Fundamentals of Technical Optics, Wiley-VCH; • L. Mandel and E. Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics; • L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFMO100 Beschleunigerbasierte moderne Physik	
Modulcode	PAFMO100
Modultitel (deutsch)	Beschleunigerbasierte moderne Physik
Modultitel (englisch)	Accelerator-based Modern Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Fundamentals of atomic physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ und „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Basic concepts of particle accelerators, application of accelerators in basic science and medicine, landmark experiments
Lern- und Qualifikationsziele	Students gain an overview of the various applications of particle accelerators, in particular for basic science and acquire the ability to solve related exercise problems and to prepare a presentation.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Course exercises to be submitted; further information on the kind and scope will be given at the beginning of each semester or seminar talk.
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 PAFM0101 Active Photonic Devices	
Modulcode	PAFM0101
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	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	Electro-optical modulation; Acousto-optical devices; Magneto-optics and optical isolation; Integrated lasers; Non-Linear devices for light generation;
Lern- und Qualifikationsziele	Based on this course the students will acquire a comprehensive overview about active photonic devices such as switches or modulators. The course starts by an 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 the fundamental principles as well as devices currently employed in photonics will be discussed to provide the students with the ability to solve related problems and to perform research in related fields.
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 PAFM0102 Analytical Instrumentations	
Modulcode	PAFM0102
Modultitel (deutsch)	Analytical Instrumentations
Modultitel (englisch)	Analytical Instrumentations
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Tünnermann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	<p>In this course, the student will acquire the knowledge and analytical methods to investigate the 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.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.

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 PAFM0103 Applied Laser Technology I	
Modulcode	PAFM0103
Modultitel (deutsch)	Applied Laser Technology I
Modultitel (englisch)	Applied Laser Technology I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Eggeling, Prof. Dr. R. Heintzmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	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; 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	The course covers the fundamentals and concepts of the selected laser applications. The students will acquire the knowledge 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 PAFM0104 Applied Laser Technology II	
Modulcode	PAFM0104
Modultitel (deutsch)	Applied Laser Technology II
Modultitel (englisch)	Applied Laser Technology II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Eggeling, Prof. Dr. R. Heintzmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 will acquire the knowledge to solve problems related to 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)	Written or oral examination (100%) The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	R. Paschotta, Encyclopedia of Laser Physics and Technology, Wiley-VCH
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0106 Atomic Physics at High Field Strengths	
Modulcode	PAFM0106
Modultitel (deutsch)	Atomic Physics at High Field Strengths
Modultitel (englisch)	Atomic Physics at High Field Strengths
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse in Atomphysik und Elektrodynamik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ und „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch (Deutsch auf Anfrage)

Modul PAFM0107 Attosecond Laser Physics	
Modulcode	PAFM0107
Modultitel (deutsch)	Attosecond Laser Physics
Modultitel (englisch)	Attosecond Laser Physics
Modul-Verantwortliche/r	Dr. A. Pfeiffer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Strong-Field Laser Physics PAFMO266 or equivalent
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 MSc. Physics specialisation „Optics“: required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module
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	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)	Written or oral examination (100%) The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	Zenghu Chang, Fundamentals of Attosecond Optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0120 Biomedical Imaging - Ionizing Radiation	
Modulcode	PAFM0120
Modultitel (deutsch)	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation
Modultitel (englisch)	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. R. Reichenbach
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the "Fundamentals" module in the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	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	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.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination. The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: electronic presentations, computer based demonstrations, blackboard
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 PAFM0121 Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation	
Modulcode	PAFM0121
Modultitel (deutsch)	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation
Modultitel (englisch)	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. R. Reichenbach
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	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 Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination. The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester

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 PAFM0122 Biophotonics	
Modulcode	PAFM0122
Modultitel (deutsch)	Biophotonics
Modultitel (englisch)	Biophotonics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Heintzmann, Prof. Dr. R. Ehrlich
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	<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. 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. 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. 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	<p>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.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Written or oral examination (100%) The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.</p>
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	<p>Englisch</p>

Modul PAFM0129 Computational Imaging	
Modulcode	PAFM0129
Modultitel (deutsch)	Computational Imaging
Modultitel (englisch)	Computational Imaging
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Heintzmann, Dr. L. Lötgering
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 MSc. Physics specialisation „Optics“: required elective module 628 M.Sc. Photonics: required elective module
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 Programming Lab: 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>Review: Linear Algebra, Calculus, Python</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimization part 1: Continuous (Euler Lagrange) and Discrete (multivariate calculus) • Programming lab: genetic algorithms + Fermat principle • Optimization part 2: nonlinear optimization, regularization, Lagrange multipliers • Optimization part 3: Convex techniques, l1 minimization • Programming lab: single pixel camera • Optimization part 4: Automatic differentiation • Matrix representation of coherent optical systems Programming lab: keras toolbox, optical eigenmodes • Multiple scattering: Born / Rytov series, beam propagation method • Tomographic inversion • Programming lab: Foldy-Lax scattering theory • Phase retrieval part 1: coherent diffraction imaging (CDI) • Phase retrieval part 2: ptychography • Programming lab: hybrid input output, shrink wrap, ptychography • Phase retrieval part 3: Fourier ptychography • Image deconvolution: structured illumination microscopy, pupil engineering • Programming lab: extended depth-of-field systems • Imaging with spatially partially coherent light • Parameter estimation: Fisher information and Cramer Rao lower bound • Programming lab: Coded aperture imaging, resolution assessment, edge responses, modulation transfer function, Fourier ring correlation • Neural networks part 1: Image classification • Neural networks part 2: Image regression • Programming lab: digit recognition, counting red blood cells
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding the interplay between forward and inverse modeling in optical systems. Hands-on programming skills.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	project presentation (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0130 Computational Photonics	
Modulcode	PAFM0130
Modultitel (deutsch)	Computational Photonics
Modultitel (englisch)	Computational Photonics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge of a computer programming language and computational physics will be helpful.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	Short review of 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; Finite-Difference Time-Domain method; Finite Difference Time-Domain Method; Finite Element Method; 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. After completing the course the students will be able to select the right method of computational photonics based on the properties of the investigated system, implement the method in a programming language of their choice, and investigate the physical properties of the optical system using their method.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	Taflove and S.C. Hagness, Computational Electrodynamics
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0131 Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter	
Modulcode	PAFM0131
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. T. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Atom- und Kernphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ und „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	The students will gain an overview of experiments addressing astrophysical topics, in particular concerning ionized matter and will be enabled to solve respective problems.

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 PAFM0132 Optical system design fundamentals	
Modulcode	PAFM0132
Modultitel (deutsch)	Optical system design fundamentals
Modultitel (englisch)	Optical system design fundamentals
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. V. Blahnik
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 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 and enable them to solve related problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0150 Erneuerbare Energien	
Modulcode	PAFM0150
Modultitel (deutsch)	Erneuerbare Energien
Modultitel (englisch)	Renewable Energies
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul 128 LAG Physik: Wahlpflichtmodul 128 BSc. Physik: Wahlpflichtmodul
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	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	After acquiring of knowledge on the fundamentals of renewable energies the students will develop the 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)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Zusätzliche Informationen zum Modul	128 M.Sc. Physik: Spezialisierung „Optik“

Empfohlene Literatur	Gasch, Tvele: Windkraftanlagen; De Vos: Thermodynamics of Solar Energy Conversion.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch auf Nachfrage

Modul PAFM0151 Experimental Nonlinear Optics	
Modulcode	PAFM0151
Modultitel (deutsch)	Experimental Nonlinear Optics
Modultitel (englisch)	Experimental Nonlinear Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 MSc. Physics specialisation „Optics“: required elective module 628 M.Sc. Photonics: required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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 Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)

Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0160 Fiber Optics	
Modulcode	PAFM0160
Modultitel (deutsch)	Fiber Optics
Modultitel (englisch)	Fiber Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Schmidt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • 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 and students will be enabled to solve related problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Snyder/Love, Optical Waveguide Theory; • Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0165 Grundlagen der Laserphysik	
Modulcode	PAFM0165
Modultitel (deutsch)	Grundlagen der Laserphysik
Modultitel (englisch)	Fundamentals of Laser Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. Limpert, Dr. J. 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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul
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:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Laserprinzip und wesentliche Lasertypen; • Pumpkonzepte und optische Verstärkung; • stabile und instabile Resonatoren; • Einfrequenzlaser; • Ultrakurzpuls laser; • 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 PAFM0170 High-Intensity/Relativistic Optics	
Modulcode	PAFM0170
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 and students will be enabled to solve related problems.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
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 PAFM0171 Milestones in Optics	
Modulcode	PAFM0171
Modultitel (deutsch)	Milestones in Optics
Modultitel (englisch)	Milestones in Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann, Dr. C. Forstner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 PAFM0180 Image Processing	
Modulcode	PAFM0180
Modultitel (deutsch)	Image Processing
Modultitel (englisch)	Image Processing
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. Denzler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	Gonzalez, Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2001
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0181 Image Processing in Microscopy	
Modulcode	PAFM0181
Modultitel (deutsch)	Image Processing in Microscopy
Modultitel (englisch)	Image Processing in Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. 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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	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). The students will be enabled to solve related problems.

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch, Deutsch auf Nachfrage

Modul PAFM0183 Introduction to Nanooptics	
Modulcode	PAFM0183
Modultitel (deutsch)	Introduction to Nanooptics
Modultitel (englisch)	Introduction to Nanooptics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. I. Staude, Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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"> • 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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0184 Integrated Optics	
Modulcode	PAFM0184
Modultitel (deutsch)	Integrated Optics
Modultitel (englisch)	Integrated Optics
Modul-Verantwortliche/r	Dr. V. Gili, Prof. Dr. T. Pertsch
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics specialisation „Optics”: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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 lecture will cover a significant part of integrated quantum photonics, which is one of the pillars of the current quantum technology development. In particular, the lecture will cover the following topics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integrated optics on a single photon level • Generation and manipulation of quantum states of light using integrated waveguides • Overview over integrated photonic platforms and fabrication of passive and active waveguide structures • Quantum walks in linear and non-linear waveguide lattices • Introduction to photonic quantum computation and simulation • Measurements using superconducting nanowire single photon detectors and transition edge sensors

Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course should provide the participating students with a profound knowledge on the state of the art of integrated optics used for the realization of quantum optical devices.</p> <p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of integrated quantum photonics and will be able to develop own concepts for integrated quantum circuitry.</p> <p>The intended learning outcome is that the students are introduced to the basics on the field of integrated quantum optics and its applications. Therefore, course starts with an overview on the generation of non-classical states of light with special attention on integrated solutions. Afterwards several integrated photonic platforms will be discussed ranging from fabrication to performance and useability.</p> <p>Based on that the on-chip manipulation of non-classical states of light will be discussed. This starts with the very general concept of quantum walks and continues towards quantum simulation. It ends with an introductory to photonic quantum computing with a clear focus on practical implementation of quantum photonic gate structures.</p> <p>The course closes with the discussion on non-classical light detection in integrated photonics.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Written or oral examination (100%)</p> <p>The form of the exam will be announced at the beginning of the semester.</p>
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0185 Innovation Methods in Photonics	
Modulcode	PAFM0185
Modultitel (deutsch)	Innovation Methods in Photonics
Modultitel (englisch)	Innovation Methods in Photonics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics specialisation „Optics”: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	<ul style="list-style-type: none"> • Rapid prototyping technologies in photonics • Innovation management and design thinking • Hands-on/practical examples of photonics prototyping • Entrepreneurial skills and business modelling • Basics of intellectual property rights
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The students will learn how the results of their scientific research can be turned into relevant innovations as an important part of their future career. On the one hand, the course will enable students to understand and to drive innovation processes in photonics companies. On the other hand, students will develop an entrepreneurial skill set for the independent economical exploitation of scientific ideas.</p> <p>Therefore, the course introduces the basic knowledge on innovation management, entrepreneurship, and intellectual property rights. To practice their skills, the students will also conduct their own photonics innovation project during the semester by working hands-on in small teams in the photonics makerspace Lichtwerkstatt. During this practical part, they acquire and apply a thorough knowledge of photonic rapid prototyping technologies (e.g. 3d- scanning and printing, laser cutting, microcontrollers, ...) and the most important creativity methods and project management skills. To cover this range of topics, the course will be supported by guest lecturers from different sectors (academia, industry).</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	The mark is composed of: Presentation (30%), Short Project Report (30%), written examination (40%).

Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0187 Ionenfallen und Präzisionsexperimente	
Modulcode	PAFM0187
Modultitel (deutsch)	Ionenfallen und Präzisionsexperimente
Modultitel (englisch)	Ion traps and precision experiments
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. P. Micke
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundlagen der Elektrodynamik, Quantenmechanik und Atomphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 128 LA Gymnasium Physik: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology: Required elective module, subject area "specialization" 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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	Grundlagen der Ionenfallenphysik; Paul- und Penning-Fallen; Kühltechniken, insbesondere Methoden der Laserkühlung; Kohärente Manipulation von elektronischen Zuständen und Bewegungszuständen; Detektionstechniken; Anwendung von Ionenfallen in Präzisionsexperimenten: Optische Uhren, Quantenlogik-Spektroskopie, Ionenfallen als Basis für Quantencomputer, höchstauflösende Massenspektrometrie, Messungen von g-Faktoren und magnetischen Momenten
Lern- und Qualifikationsziele	Verständnis der Konzepte von Paul- und Penning-Fallen und der eingesetzten Techniken; Kenntnisse der behandelten Präzisionsexperimenten; Befähigung zur selbstständigen Vertiefung mithilfe aktueller wissenschaftlicher Literatur
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	50% der Punkte der Übungszettel erreicht; aktive Beteiligung in den Übungen durch Vorstellung der eigenen Lösungswege und Diskussion der Inhalte
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	Eine aktuelle Literaturliste wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
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. Dr. M. Zepf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in plasma physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • 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. Students will be enabled to solve related problems.
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 PAFM0201 Laser Engineering	
Modulcode	PAFM0201
Modultitel (deutsch)	Laser Engineering
Modultitel (englisch)	Laser Engineering
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Laserphysik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • 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. Students will be enabled to solve related problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.

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. V. Blahnik
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 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 and enables the students to solve problems of optical system design.
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. V. Blahnik
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in aberration theory and optical design as acquired in the course on "Lens Design I".
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 and enables the students to solve advanced problems of optical system design.
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. R. Heintzmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 the students will be able to solve related problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0220 Micro/Nanotechnology	
Modulcode	PAFM0220
Modultitel (deutsch)	Micro/Nanotechnology
Modultitel (englisch)	Micro/Nanotechnology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Tünnermann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • 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 PAFM0221 Microscopy	
Modulcode	PAFM0221
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 and enables the students to solve related problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • Grundlagen Licht-Materie-Wechselwirkung; • Experimentelle Hilfsmittel der Spektroskopie; • Laserspektroskopie; • Zeitaufgelöste Spektroskopie; • Laserkühlung; • THz- und Röntgenspektroskopie; • Photoelektronspektroskopie; • Anwendungen von Laserspektroskopie in Physik, Chemie, Medizin.
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding the methods of spectroscopy based on new developments in optics; impart knowledge about the design of a spectroscopic experiment; Ability to independently solve spectroscopic questions.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFMO230 Nano Engineering	
Modulcode	PAFMO230
Modultitel (deutsch)	Nano Engineering
Modultitel (englisch)	Nano Engineering
Modul-Verantwortliche/r	Dr. S. Höppener, Prof. Dr. U. S. Schubert
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0231 Nonlinear Dynamics in Optical Systems	
Modulcode	PAFM0231
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 the students are enabled to solve related problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%) Setzt sich zusammen aus einer Note für die Übungen (25%) und einer mündlichen Prüfung (75%)
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 PAFM0242 Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids	
Modulcode	PAFM0242
Modultitel (deutsch)	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids
Modultitel (englisch)	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids
Modul-Verantwortliche/r	Dr. habil. T. Mayerhöfer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 30 h 90 h
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 PAFM0250 Particles in Strong Electromagnetic Fields	
Modulcode	PAFM0250
Modultitel (deutsch)	Particles in Strong Electromagnetic Fields
Modultitel (englisch)	Particles in Strong Electromagnetic Fields
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Zepf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Fundamental knowledge on quantum mechanics und special relativity
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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"> • 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	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.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Presentation or oral Exam (100%)

Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0253 Physics of Free-Electron Laser	
Modulcode	PAFM0253
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 PAFM0254 Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation	
Modulcode	PAFM0254
Modultitel (deutsch)	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation
Modultitel (englisch)	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann, Dr. D. Kartashov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0255 Plasma Physics	
Modulcode	PAFM0255
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	Fundamental knowledge on laser physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • 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)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.

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 PAFM0256 Photovoltaik	
Modulcode	PAFM0256
Modultitel (deutsch)	Photovoltaik
Modultitel (englisch)	Physics of Photovoltaics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“ und „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO260 Quantum Optics	
Modulcode	PAFMO260
Modultitel (deutsch)	Quantum Optics
Modultitel (englisch)	Quantum Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch, PD Dr. F. Setzpfandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Fundamental knowledge on quantum theory and theoretical optics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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)	<p>Written or oral examination (100%).</p> <p>The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.</p>
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.

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

Modul PAFM0261 Quantum Computing	
Modulcode	PAFM0261
Modultitel (deutsch)	Quantum Computing
Modultitel (englisch)	Quantum Computing
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. F. Steinlechner, Dr. F. Eilenberger, Prof. Dr. T. Pertsch
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics focus „specialisation”: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic introduction to algorithms and computing • The Qubit and entanglement thereof • Basics of quantum algorithms • Advanced quantum algorithms • Implementation of QuBits and quantum computers • Hands-on circuits
Lern- und Qualifikationsziele	<p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts of quantum computation and the implementation of quantum algorithms. They will be able to apply their knowledge in the assessment and creation of quantum algorithms and the development of quantum information systems.</p> <p>The intended learning outcome is to introduce the students to the basic usage of quantum bits for information processing. To provide further insight, the course will expand this concept on multipartite systems and introduce the concept of entanglement.</p> <p>In a further step we shall see how individual quantum operations tie together to create algorithms. Important algorithms, such as the quantum Fourier transformation, the algorithms of Shor and Grover will be discussed. To relate the abstract knowledge on quantum algorithms to practical applications, real-world implementations of quantum computers will be discussed.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination (100%)
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0262 Quantum Communicaton	
Modulcode	PAFM0262
Modultitel (deutsch)	Quantum Communicaton
Modultitel (englisch)	Quantum Communicaton
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. F. Steinlechner, Dr. F. Eilenberger, Prof. Dr. A. Tünnermann
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics focus „Optics”: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<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;
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Goals: The course will give a basic introduction into the usage of quantum states of light for the exchange of 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.</p> <p>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.</p> <p>They will be able to apply their knowledge in the assessment and setup of experiments and devices for applications of quantum information processing.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%) The form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	A list of literature and further reading will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0263 Quantum Imaging and Sensing	
Modulcode	PAFM0263
Modultitel (deutsch)	Quantum Imaging and Sensing
Modultitel (englisch)	Quantum Imaging and Sensing
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. F. Setzpfandt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics specialisation „Optics”: required elective module 628 M.Sc. Photonics: required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic introduction to relevant concepts of quantumoptics • Generation of photon pairs • Fundamentals of two-photon interference • Applications of two-photon interference • Optical quantum metrology • Ghost Imaging • Quantum microscopy
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Goals: The course will give a basic introduction into the usage of quantum light, in particular photon pairs, for imaging and sensing. To this end, many basic concepts and applications will be introduced and discussed. Furthermore, students will learn how to mathematically describe quantum sensing schemes in order to understand and predict their properties.</p> <p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of quantum imaging and sensing and will be able to apply the derived formalism to similar problems.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Written or oral examination (100%)</p> <p>The form of the exam will be announced at the beginning of the semester.</p>
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0265 Semiconductor Nanomaterials	
Modulcode	PAFM0265
Modultitel (deutsch)	Semiconductor Nanomaterials
Modultitel (englisch)	Semiconductor Nanomaterials
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. I. 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)	128 MSc. Physics specialisation „Optics”: required elective module 628 M.Sc. Photonics: required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0266 Strong-Field Laser Physics	
Modulcode	PAFM0266
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 PAFM0270 Theory of Nonlinear Optics	
Modulcode	PAFM0270
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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)	<p><p>- Written examination (100 %). <p>- The final grade will be determined by the exercise performance (25%) and an oral exam (75%) <p> </p>
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0271 Thin Film Optics	
Modulcode	PAFM0271
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	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 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.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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 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, Dr. habil. J. Rothhardt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	keine
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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:	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 • XUV- and X-ray microscopy
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, including XUV- and X-ray microscopy.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0901 Topics of Current Research I	
Modulcode	PAFM0901
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research I
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 1
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> 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)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0902 Topics of Current Research II	
Modulcode	PAFM0902
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research II
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 2
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • 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.
Zusätzliche Informationen zum Modul	jedes 2. Semester (beginnend ab Sommer)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0903 Topics of Current Research III	
Modulcode	PAFM0903
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research III
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 3
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • 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 PAFM0904 Topics of Current Research IV	
Modulcode	PAFM0904
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research IV
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 4
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
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"> • 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. S. Bernuzzi, Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik: Pflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "adjustment"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
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)	128 M.Sc. Physik: Pflichtmodul
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. Brügmann, Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundlagenwissen in Gravitationstheorie und/oder Quantenfeldtheorie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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%)
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.

Unterrichtssprache	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
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)	014 LAG Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 014 LAR Drittfach Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M.Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“: Wahlpflichtmodul
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"> • 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
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul
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)	128 M.Sc. Physik: Pflichtmodul
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 300 h 150 h
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"> • Selbstständiges 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 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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "adjustment"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.

Unterrichtssprache	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMT003 Quantenfeldtheorie	
Modulcode	PAFMT003
Modultitel (deutsch)	Quantenfeldtheorie
Modultitel (englisch)	Quantum Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMT010 Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	
Modulcode	PAFMT010
Modultitel (deutsch)	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie
Modultitel (englisch)	Advanced Quantum Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. 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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie": Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
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	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	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
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)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 135 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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	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)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (freier Bereich) 128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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.
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
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)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (freier Bereich) 128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
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)	128 B.Sc. Physics Required elective module 128 M.Sc. Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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"> • 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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	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)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	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)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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"> • 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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	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. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul
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. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	• 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.
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMT200 Numerische Relativitätstheorie	
Modulcode	PAFMT200
Modultitel (deutsch)	Numerische Relativitätstheorie
Modultitel (englisch)	Numerical General Relativity
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brügmann
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul
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:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
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. Brügmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul
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:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
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	<p>Zum Beispiel:</p> <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)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul
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	<p>Zum Beispiel:</p> <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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul
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"> • 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)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“: Wahlpflichtmodul
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 Integrabilität; • 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 selbstständigen 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	<p>Zum Beispiel:</p> <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. 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)	128 M.Sc. Physics, Required elective module 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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 • Selbstständige 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
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
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)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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; • Selbstständige 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	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	Prof. Dr. M. Ammon, Prof. Dr. H. Gies, Prof. Dr. S. Flörchinger
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie PAFMT001 oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory" 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
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 • Galerkin 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.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFRP511 Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum	
Modulcode	PAFRP511
Modultitel (deutsch)	Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum
Modultitel (englisch)	Advanced Physics Lab
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	PAFBE111 Experimentalphysik I – Mechanik und Wärmelehre PAFLE211 Experimentalphysik II - Elektrodynamik PAFLP211 Physikalisches Grundpraktikum PAFLE411 Atom- und Molekülphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 LAR Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 3 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 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	Die Studierenden können sich in eine spezielle physikalische Fragestellung einarbeiten, sich selbständig experimentelle Kenntnisse und Fertigkeiten auf verschiedenen Teilgebieten der Physik erarbeiten, wichtige physikalische Experimentiertechniken anwenden und selbständig experimentieren, wobei sie die Versuchsplanung, den Aufbau von Messanordnungen, die Messung, die Protokollierung, die rechnergestützte Datenerfassung und Datenauswertung sowie die Ergebnisdarstellung durchführen können.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Die Versuchsnoten ergeben sich aus jeweils 2 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 PAFWW006 Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen	
Modulcode	PAFWW006
Modultitel (deutsch)	Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen
Modultitel (englisch)	Electronmicroscopy - Fundamentals and Applications
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. S. Lippmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 177 M.Sc. Werkstoffwissenschaft: Wahlpflichtmodul
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 Fragestellung 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	Dr. P. Galenko
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	177 M.Sc. Werkstoffwissenschaft: Wahlpflichtmodul 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Spezialisierung Festkörperphysik/ Materialwissenschaft
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: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	150 h 60 h 90 h
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

Modul SPW-MET Messmethoden in der Sportwissenschaft	
Modulcode	SPW-MET
Modultitel (deutsch)	Messmethoden in der Sportwissenschaft
Modultitel (englisch)	Methods of Measurement in Sports Science
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Zech
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	SPW-BAA
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (jährlich)
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	(Art der Lehrveranstaltung, SWS, LP (ECTS)) Forschungsmethoden Naturwissenschaften (V/S/P, 4, 7) Forschungsmethoden Sozialwissenschaften (V/S/P, 4, 7)
Leistungspunkte (ECTS credits)	14 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	420 h
- Präsenzstunden	120 h
- Selbststudium	300 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Praktische Erfahrung mit Grundproblemen der Mechanik; Sportwissenschaftliche Untersuchungen an ausgewählten Beispielen (Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften).
Lern- und Qualifikationsziele	Erwerb grundlegender Fähigkeiten zur Bewältigung forschungsmethodische Ansätze; Beherrschen der unterschiedlichen fachspezifischen Ansätze; Erstellung von Protokollen und Berichten; Qualifikation zum praktischen Umgang mit Messtechnik und Statistik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Protokolle oder Berichte oder Klausur (30 min) (50% aus allen naturwissenschaftlichen Bereichen; je Bereich 12,5%) (50% aus allen sozialwissenschaftlichen Bereichen; je Bereich 12,5%) Jede Modulprüfung muss mindestens bestanden sein

Zusätzliche Informationen zum Modul	<p>Es wird empfohlen, dass biomechanische Grundpraktikum als Teil der naturwissenschaftlichen Forschungsmethoden zu Beginn des Studiums abzuleisten.</p> <p>Ergänzung zu Dauer des Moduls: 2 Semester (Naturwissenschaften im WS; Sozialwissenschaften im SS)</p> <p>Zur Erreichung der Studienziele des Moduls ist eine Anwesenheitspflicht bei den Seminaren und Übungen des Moduls gegeben. Nähere Einzelheiten teilen die jeweiligen Lehrkräfte zu Beginn dieser Lehrveranstaltungen nachvollziehbar mit.</p>
-------------------------------------	---

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
KS/ PR....	Klausur/Prüfung
K....	Kolloquium
K/P....	Kolloquium/Praktikum
KS....	Konferenz/Symposium
kV....	Kulturelle Veranstaltung
Ku....	Kurs

Abkürzungen für Veranstaltungen

Ku....	Kurs
Lag....	Lagerung
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
PR....	Prüfung
PrVo....	Prüfungsvorbereitung
QB....	Querschnittsbereich
RE....	Repetitorium
V/R....	Ringvorlesung
SU....	Schulung
S....	Seminar
S/E....	Seminar/Exkursion
S/Ü....	Seminar/Übung
SZ....	Servicezeit
Sl....	Sitzung
SoSch....	Sommerschule
SO....	Sonstiges
SV....	Sonstige Veranstaltung
SK....	Sprachkurs
TG....	Tagung
TT....	Teleteaching
TN....	Treffen
Tu....	Tutorium
T....	Tutorium
Ü....	Übung
Ü/B....	Übung/Blockveranstaltung
Ü....	Übungen
Ü/I....	Übung/Interdisziplinär

Abkürzungen für Veranstaltungen

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