

Modulhandbuch zum Physics (M.Sc.) der Universität Hamburg

Stand: 18. Oktober 2018

Die nachfolgenden, detaillierten Modulbeschreibungen sind wie folgt strukturiert:

Modultitel					
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-...				
Semester	Wintersemester/Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Empfohlen:				
Modulverantwortliche(r)					
Lehrende					
Sprache	Welche Unterrichtssprache? Deutsch oder Englisch?				
Qualifikationsziele	Welche Lernergebnisse sollen Studierende nach erfolgreichem Abschluss des Moduls erreicht haben? z. B. im Sinne von: - Lernergebnisse, die Wissen oder Anwenden nachweisen: z.B. definieren/ darstellen/ messen/ berichten/ bewerten von Information, Theorie- und/oder Faktenwissen - Lernergebnisse, die die praktischen Fertigkeiten, bei denen Kenntnisse (Wissen) eingesetzt werden, nachweisen: z.B. ausführen, demonstrieren etc.				
Inhalt	Der (Lehr)inhalt sollte die Ziele des Moduls benennen. (Welche fachlichen, methodischen, fachpraktischen und fächerübergreifenden Inhalte sollen vermittelt werden, damit die Modulziele erreicht werden?)				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	Wie viele SWS für V und/oder Ü und/oder S und/oder P? <ul style="list-style-type: none"> (V) (Ü) 			SWS SWS	
Arbeitsaufwand* (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	Gesamtaufwand				
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mdl. Prüfung oder Referat und/oder schriftliche Ausarbeitung, Projektabschluss, Praktikumsabschluss, ... Sprache der Prüfung:				

Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester, jährlich oder alle 4 Semester?
Literatur	

*P = Präsenzstudium

*S = Selbststudium

*PV = Prüfungsvorbereitung

Pflichtmodule:

Modultitel	Introductory Project				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MF-A/BE/BP/FN/LP-EP				
Semester	Wintersemester und Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Pflichtmodul • Physics M.Sc.: Pflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: s. FSBs zu § 4 Empfohlen:				
Modulverantwortliche(r)	N.N.				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	<p>Im Einarbeitungsprojekt ist das Studium eines modernen Forschungsgebietes vertieft worden, aus dem das Thema der Masterarbeit stammen soll, mit dem Ziel der Einarbeitung in die wissenschaftliche Literatur auf dem aktuellen Stand.</p> <p>Die oder der Studierende erlernt das selbstständige Sammeln nötiger Informationen, von Hintergrundwissen und die Einarbeitung in ein Spezialthema.</p> <p>Für dieses Modul ist die oder der Studierende in eine wissenschaftliche Arbeitsgruppe eingebunden. Durch die Einbindung eine Arbeitsgruppe lernt sie oder er Gruppenarbeit und das optimale Nutzen informellen Wissens im Nahfeld.</p>				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einarbeitung in das Themengebiet; • Einarbeitung in die theoretischen und/oder experimentellen Arbeitstechniken und Hilfsmittel; • Bearbeitung von Teilaspekten; • Formulierung eines Arbeits- und Zeitplans. 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstständige wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung 				15 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstständige wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung 	LP 15	P (Std) -	S (Std) 390	PV (Std) 60

	Gesamtaufwand	15	-	390	60
Studien- /Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Projektabschluss Sprache der Prüfung: Englisch				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Preparatory Project
Modulnummer/-kürzel	PHY-MF-A/BE/BP/FN/LP-VP
Semester	Wintersemester und Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Pflichtmodul • Physics M.Sc.: Pflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Erfolgreiches Absolvieren des Moduls Introductory Project Empfohlen:
Modulverantwortliche(r)	N.N.
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	<p>Mit der Bearbeitung vorbereitender Aufgabenstellungen hat sich die oder der Studierende die speziellen experimentellen und/oder theoretischen Methoden und die Kenntnis des Gebietes soweit erarbeitet, dass sie oder er sie zur Bearbeitung von Fragestellungen, aus dem das Thema der Masterarbeit stammen soll, erfolgreich anwenden kann. Planung und Strukturierung des vorgesehenen Forschungsprojektes.</p> <p>Das dazugehörige Arbeitsgruppenseminar dient der Einarbeitung in Problemstellungen der aktuellen Forschung in dem Fach, in dem die Kandidatin oder der Kandidat die Masterarbeit durchzuführen beabsichtigt.</p> <p>Für dieses Modul ist die oder der Studierende in eine wissenschaftliche Arbeitsgruppe eingebunden. Durch die Einbindung in eine Arbeitsgruppe lernt sie oder er Gruppenarbeit und das optimale Nutzen informellen Wissens im Nahfeld.</p>
Inhalt	<p>Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten und die fachlichen und methodischen Grundlagen für die Masterarbeit sowie Planung des in der Masterarbeit zu bearbeitenden Forschungsprojekts.</p> <p>Erwerb der notwendigen experimentellen bzw. theoretisch-mathematischen Fähigkeiten, die Voraussetzung für die erfolgreiche Absolvierung der Forschungsaufgabe der sich anschließenden Master-</p>

	<p>arbeit sind.</p> <p>Im Arbeitsgruppenseminar werden verschiedene Themen des Arbeitsgebietes der Arbeitsgruppe vorgetragen und diskutiert. Ein Vortrag (vorzugsweise in englischer Sprache) ist für alle Studierenden Pflicht.</p> <p>Das Modul bildet mit dem vorangegangenen Modul Einarbeitungsprojekt und dem anschließenden Modul Masterarbeit eine inhaltlich untrennbare Einheit und muss daher in dem gleichen Forschungsschwerpunkt belegt werden, in der auch die Masterarbeit geschrieben werden soll.</p>				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstständige wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung 				15 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstständige wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung 	LP 15	P (Std) -	S (Std) 390	PV (Std) 60
	Gesamtaufwand	15	-	390	60
Studien-/Prüfungsleistungen	<p>Studienleistung: Projektabschluss</p> <p>Prüfungsart: Vortrag/Kolloquium</p> <p>Sprache der Prüfung: Englisch</p>				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Master's Thesis
Modulnummer/-kürzel	PHY-MF-MA
Semester	Wintersemester und Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Physik: Pflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Verbindlich: Erfolgreiches Absolvieren des Moduls Vorbereitungsprojekt</p> <p>Empfohlen:</p>
Modulverantwortliche(r)	N.N.
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Die Masterarbeit soll zeigen, dass die Kandidatin oder der Kandidat in der Lage ist, sich innerhalb der vorgegebenen Frist in eine Problemstellung der aktuellen Forschung in dem Fach einzuarbeiten, geeignete wissenschaftliche Methoden zunehmend selbstständig anzuwenden und die Ergebnisse in wissenschaftlich angemessener Form darzustellen.
Inhalt	Die Masterarbeit bildet den Abschluss des Masterstudiums.

	<p>Die Masterarbeit besteht aus</p> <ul style="list-style-type: none"> • der Durchführung eines Forschungs- bzw. wissenschaftlichen Entwicklungsprojekts; • experimenteller und/oder theoretischer Bearbeitung des Themas; • der Auswertung und der Aufbereitung der Ergebnisse; • der schriftlichen Dokumentation der Ergebnisse durch Abfassen der Masterarbeit; • einer mündlichen Präsentation der Ergebnisse in einem Vortrag und wissenschaftliche Diskussion. <p>Die Ergebnisse sollen in der Regel zu einer wissenschaftlichen Publikation beitragen.</p>				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstständige wissenschaftliche Arbeit im Team 				30 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstständige wissenschaftliche Arbeit im Team 	LP 30	P (Std) -	S (Std) 830	PV (Std) 70
	Gesamtaufwand	30	-	830	70
Studien-/Prüfungsleistungen	<p>Prüfungsart: Masterarbeit (5/6), Kolloquium (1/6) Sprache der Prüfung: Englisch</p>				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Fachliche Vertiefungsphase:

Astronomie und Astrophysik:

Modultitel	Cosmology
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-E14
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie I und II</p>
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Markus Brüggem
Lehrende	Prof. Dr. Markus Brüggem
Sprache	Englisch

Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen Problemlösungsstrategien; Analytisches Denken; Theoriebildung in der Physik; die Anwendung mathematischer und informationstechnologischer Lösungsstrategien.				
Inhalt	Grundlagenwissen der Kosmologie in Theorie und Beobachtung.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Cosmology (V) • Exercises in Cosmology (Ü) 				3 SWS 1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Vorlesung	5	42	54	54
	• Übung	1	14	16	-
	Gesamtaufwand	6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	Jährlich, Wintersemester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Seminar Topics in Low Frequency Radio Astronomy				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-E15				
Semester	Wintersemester/Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie I und II				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Markus Brüggen				
Lehrende	Prof. Dr. Markus Brüggen				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben neben der Einführung in den wissenschaftlichen Diskurs Einblicke in die aktuelle Forschung in niedrigfrequenter Radioastronomie.				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Aktuelle Forschung in niedrigfrequenter Radioastronomie 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar Topics in Low Frequency Radio Astronomy (S) 				2 SWS

Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Extragalactic Astrophysics				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-E17				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie I und II				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Markus Brüggen				
Lehrende	Prof. Dr. Markus Brüggen				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen Problemlösungsstrategien; Analytisches Denken; Theoriebildung in der Physik; die Anwendung mathematischer und informationstechnologischer Lösungsstrategien.				
Inhalt	Grundlagenwissen der extragalaktischen Astronomie in Theorie und Beobachtung; Milchstraßensystem, großräumige Struktur, Galaxienbildung, Galaxienhaufen.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Extragalactic Astrophysics (V) • Exercises in Extragalactic Astrophysics (Ü) 				3 SWS 1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	LP 5 1	P (Std) 42 14	S (Std) 54 16	PV (Std) 54 -
	Gesamtaufwand	6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch				

	Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	jährlich
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Modultitel	Seminar Extragalactic Astrophysics				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-E19				
Semester	Wintersemester und Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie I und II				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Markus Brüggen				
Lehrende	Prof. Dr. Markus Brüggen				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden können die Präsentation von Forschungsergebnissen; das Lesen und Verstehen von Fachartikeln; die Bewertung von astronomischen Daten; haben Kenntnisse zur Theoriebildung in der Physik.				
Inhalt	Moderne Themen aus der aktuellen Forschung der extragalaktischen Astronomie.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar Extragalactic Astrophysics (S) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Galaxy Evolution				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-E23				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie & Astrophysik I & II				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Jochen Liske				
Lehrende	Prof. Dr. Jochen Liske				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	In diesem Modul nähern wir uns dem Thema sowohl von der theoretischen als auch von der beobachtungstechnischen Seite. Die Studierenden haben Einblick in die Entwicklung des Universums, den linearen und nicht-linearen Wachstum von kosmischen Strukturen, die Entstehung von elliptischen und Spiralgalaxien, sowie die Beobachtungstechniken, mit denen Galaxien observiert werden.				
Inhalt	Die Entstehung und Entwicklung von Galaxien als eine der wichtigsten Themen der heutigen astrophysikalischen Forschung.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Galaxy Evolution (V) • Exercises in Galaxy Evolution (Ü) 			3 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	5	42	54	54
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		7	70	86	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	"Galaxy Formation and Evolution", Mo, van den Bosch and White, Cambridge University Press.				

Modultitel	Seminar on Galaxy Evolution				
Modulnummer/-kürzel:	PHY-MV-A-E24				
Semester	Sommersemester				

Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie & Astrophysik I & II				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Jochen Liske				
Lehrende	Prof. Dr. Jochen Liske				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende können wissenschaftliche Veröffentlichungen zum Thema Galaxienentstehung und –entwicklung diskutieren. Es werden sowohl theoretische als auch datenbezogene Paper behandelt.				
Inhalt	In diesem Seminar werden einige Klassiker unter den wissenschaftlichen Veröffentlichungen zum Thema Galaxienentstehung und -entwicklung und dabei sowohl theoretische als auch datenbezogene Paper behandelt.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar on Galaxy Evolution (S) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Chemical Evolution of the Universe				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-E27				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie I und II				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Jochen Liske				

Lehrende	Prof. Dr. Jochen Liske				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben Einblick in alle astrophysikalischen Prozesse, die für die chemische Entwicklung des Kosmos relevant sind.				
Inhalt	Hintergrund der Kosmologie, primordiale Nukleosynthese, Strukturbildung, Grundlagen der Sternentwicklung und Nukleosynthese, galaktische chemische Evolution, die Anfängliche Massenfunktion, globale Entwicklung von Massenanteilen von Galaxien, Sternentstehungsraten, Metallizitätsentwicklung, Häufigkeit				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Chemical Evolution of the Universe (V) • Exercises in Chemical Evolution of the Universe (Ü) 			2 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		5	56	64	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	„Nucleosynthesis and Chemical Evolution of Galaxies“, Pagel, Cambridge University Press				

Modultitel:	Computational Astrophysics
Modulnummer/-kürzel:	PHY-MV-A-T01
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme:	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie I und II, elementare Programmierkenntnisse
Modulverantwortliche(r):	Prof. Dr. Peter Hauschildt
Lehrende:	Prof. Dr. Peter Hauschildt
Sprache:	Englisch (Folien/Skript auf Englisch)

Angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, numerische Verfahren gezielt einzusetzen und die Ergebnisse von Computer Programmen kritisch zu bewerten.				
Inhalt:	Es werden die Themenbereiche hardware essentials, Parallelization, GPUs, common pitfalls, non-linear equations, linear equations, differential equations, Monte Carlo methods, und FFT/wavelets behandelt.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen:	<ul style="list-style-type: none"> • Computational Astrophysics (V) • Exercises in Computational Astrophysics (ü) 			3 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand* (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P(Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	5	42	54	54
	Gesamtaufwand	1	14	16	-
		6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur Abweichungen werden zur Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur:	Skript; Press et al, 'Numerical Recipes in [Fortran, C]'				

Modultitel	Stellar Structure & Evolution
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-T02
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Peter Hauschildt
Lehrende	Prof. Dr. Peter Hauschildt
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Studierende kennen den physikalischen Aufbau von Sternen und deren Entwicklung.
Inhalt	Dies ist eine Vorlesung der theoretischen Astrophysik. Es wird beschrieben, welche Physik dem Sternaufbau und der Sternentwicklung zugrunde liegt. Es werden die physikalischen Prozesse im Sterninneren

	und Eigenschaften der Sternmaterie behandelt. Weiterhin wird auf die Berechnung von Sternmodellen eingegangen, und auf typische Ergebnisse. Es wird auf die Entwicklung von der Vorhauptreihe bis zu den Endstadien von Sternen verschiedener Massen eingegangen werden. Es werden die Eigenschaften und die Entwicklungen von normalen und kompakten Sterntypen beschrieben.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Stellar Structure & Evolution (V) • Exercises in Stellar Structure & Evolution (Ü) 				3 SWS 1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	5	70	40	40
	Gesamtaufwand	1	14	16	-
		6	84	56	40
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	Kippenhahn, Weigert, Weiss: Stellar Structure and Evolution http://emedien.sub.uni-hamburg.de/han/SpringerEbooks/dx.doi.org/10.1007/978-3-642-30304-3				

Modultitel	Theory and Application of PHOENIX
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-T03
Semester	Wintersemester/Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: sehr gute Programmierkenntnisse in Fortran90 und MPI, nachgewiesene Grundkenntnisse in PHOENIX Empfohlen: Einführung in die Astronomie I+II, Computational Astrophysics, Stellar and planetary atmospheres
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Peter Hauschildt
Lehrende	Prof. Dr. Peter Hauschildt
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein besseres Verständnis von PHOENIX, einschließlich der verwendeten Methoden, Algorithmen und Programm-Module. Anwendung von PHOENIX auf astrophysikalische Simulations-

	probleme.				
Inhalt	Es werden die verschiedenen Module von PHOENIX diskutiert und besprochen. Es werden praktische Erfahrungen bei der Anwendung von PHOENIX diskutiert.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> Theory and Application of PHOENIX (V) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> Vorlesung 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Voraussetzungen zur Anmeldung zur Modulprüfung: aktive Teilnahme Prüfungsart: Mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zur Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Stellar and Planetary Atmospheres				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-T04				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astrophysik I & II				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Peter Hauschildt				
Lehrende	Prof. Dr. Peter Hauschildt				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende verstehen den Aufbau von Stern und Planetenatmosphären, Strahlungstransport und numerische Modelle von Atmosphären, Entstehung von Spektren und deren kritische Interpretation.				
Inhalt	Der Aufbau von Stern und Planetenatmosphären, Strahlungstransport und numerische Modelle von Atmosphären sowie Entstehung von Spektren.				
Lehrveranstaltungen und	<ul style="list-style-type: none"> Stellar and Planetary Atmospheres (V) Exercises in Stellar and Planetary Atmospheres (Ü) 				3 SWS 1 SWS

Lehrformen					
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Vorlesung	5	42	54	54
	• Übung	1	14	16	-
	Gesamtaufwand	6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	MHD simulations with the FLASH code				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-T06				
Semester	Wintersemester/Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul Empfehlung 2. oder 3. FS Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul Empfehlung 2. oder 3. FS 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Kenntnisse über numerische Methoden und Magnetohydrodynamik				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Robi Banerjee				
Lehrende	Prof. Dr. Robi Banerjee				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende kennen den Umgang mit dem Simulationscode FLASH und Anwendungen im astrophysikalischen Bereich.				
Inhalt	Ausgewählte Themen der Magnetohydrodynamik (MHD) und numerische Lösungen von MHD-Problemen.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> MHD simulations with the FLASH code (V) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Seminar	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30

Studien- /Prüfungsleistungen	Voraussetzungen zur Anmeldung zur Modulprüfung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen Prüfungsart: Mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zur Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Modultitel	The Interstellar Medium and Star Formation
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-T10
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astrophysik I & II
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Robi Banerjee
Lehrende	Prof. Dr. Robi Banerjee
Sprache	Deutsch oder Englisch
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben grundlegende Kenntnisse des interstellaren Mediums (u.a. Zusammensetzung, physikalische Eigenschaften, Dynamik) und der Entstehung von Sternen (u.a. Voraussetzungen, Zeitskalen, Thermodynamik, Entwicklung von Protosternen, Gasausflüsse). Studierende können hydrodynamische und magneto-hydrodynamische Gleichungen anwenden.
Inhalt	ISM (three phases + physical properties); Molecular clouds (observations + physical properties); Conditions for star formation (i.e. cold dense regions, Jeans criterion, BE spheres) Turbulence (Larson's relation, Kolmogorov turbulence); Fragmentation; Initial mass function (IMF, reconstruction from observations); IMF (theoretical ideas, conversion from CMF to IMF); The collapse (1D calculations: Larson/Penston, Shu); Magnetic fields: mass-to-flux ratio, ambipolar diffusion; Magnetic fields: observational techniques (polarisation, Zeeman, RM); 3D collapse: disc formation, Jets; Jet launching;

	Observations of Jets; Formation of Massive stars; Feedback (HII-Regions, SN) + triggered star formation; Protostellar evolution (Hayashi track, classes); Evolution of protoplanetary discs; Planet formation (grav. instability, core accretion models).				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Interstellar Medium and Star Formation (V) • Exercises in Interstellar Medium and Star Formation (Ü) 			3 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Vorlesung	5	42	54	54
	• Übung	1	14	16	-
	Gesamtaufwand	6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	Frank Shu "The Physical Universe"; Bruce Drain "Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium"; Steven Stahler & Francesco Palla "The Formation of Stars"; Derek Ward-Thomson & Anthony Whitworth "An Introduction to Star Formation".				

Modultitel	Introduction to General Relativity and Astrophysical Applications
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-A-T16
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astrophysik I & II
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Robi Banerjee
Lehrende	Prof. Dr. Robi Banerjee
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Studierende haben ein grundlegendes Verständnis der Allgemeinen Relativitätstheorie; ein Verständnis von gekrümmten Räumen in mehr

	Dimensionen und können diese beschreiben; ein Verständnis von astrophysikalischen Phänomenen basierend auf der ART.				
Inhalt	curvilinear space; concepts of Special Relativity and SPACETIME; Equivalence Principle; curved SPACETIME; Geodesics; Tensor calculus; Einsteins' field equation. Applications: Schwarzschild geometry, Black Holes (BH), Kerr BHs, Accretion Discs, Gravitational lensing, Gravitational Waves, Gravitational Wave Sources, Cosmology				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to General Relativity and Astrophysical Applications (V) • Exercises in Introduction to General Relativity and Astrophysical Applications (Ü) 			4 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	6	56	62	62
	Gesamtaufwand	8	84	94	62
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	James B. Hartle: GRAVITY, An Introduction to Einstein's General Relativity; Ray d'Inverno: Introducing Einstein's Relativity; Bernhard Schutz: A First Course in General Relativity.				

Beschleuniger- und Elementarteilchenphysik:

Modultitel	Accelerator Physics II
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-E02
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Besuch der Vorlesung „Accelerator Physics I“
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Wolfgang Hillert

Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Hillert				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende verstehen wichtige Zusammenhänge bei Planung und Weiterentwicklung von Beschleunigeranlagen: Beeinflussung der Strahlqualität, Verfahren zur Verbesserung der Strahleigenschaften, Begrenzung erreichbarer Energie, Luminosität und Strahlströme, Erzeugung hochintensiver und kohärenter Röntgenstrahlen.				
Inhalt	<p>Diese Veranstaltung ist eine Fortführung und Vertiefung der einführenden Vorlesung „Beschleunigerphysik I“. Ein Einstieg ohne diese Einführung gehört zu haben ist prinzipiell möglich, erfordert aber die eigenständige Einarbeitung in den Matrixformalismus zur Beschreibung der Strahloptik. Dies sollte mit Hilfe vorhandener sehr guter Lehrbücher problemlos möglich sein.</p> <p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Synchrotronstrahlung und Strahlungsgleichgewicht - Synchrotronstrahlungsquellen - Raumladungseffekte (direkte Raumladung, Wandeffekte, Ionen) - Luminosität und Kollider - Phasenraumkühlung (Stochastisches Kühlen, Elektronenkühlen) - Kollektive und nichtlineare Phänomene und Instabilitäten - Freie-Elektronen-Laser 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Accelerator Physics II (V) • Exercises in Accelerator Physics II (Ü) 			2 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		5	56	64	30
Studien-/Prüfungsleistungen	<p>Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung</p> <p>Sprache der Prüfung: Englisch</p> <p>Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.</p>				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • H. Wiedemann, Particle Accelerator Physics (Third Edition), Springer 2007, Berlin, ISBN 978-3-5-540-490343-2 • D. A. Edwards, M. J. Syphers, An Introduction to the Physics of High Energy Accelerators, Wiley & Sons 1993, New York, ISBN 0-471-55163-5 • F. Hinterberger, Physik der Teilchenbeschleuniger und Ionenoptik (2. Ausgabe), Springer 2008, Berlin, ISBN 978-3-540-75282-0 • K. Wille, Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrah- 				

	<p>lungsquellen, 2. überarb. und erw. Aufl., Teubner 1996, Stuttgart, ISBN 3-519-13087-4 (vergriffen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • K. Wille, The physics of particle accelerators, Oxford Univ. Press 2005, Oxford, ISBN 0-19-850550-7 • S. Y. Lee, Accelerator Physics (Third Edition), World Scientific 2012, New Jersey, ISBN 978-981-4374-94-1 • A. W. Chao, K. H. Mess, M. Tigner, F. Zimmermann, Handbook of Accelerator Physics and Engineering (Second Edition), World Scientific 2013, New Jersey, ISBN 978-981-4415-84-2 • Script of the lecture “Accelerator Physics I”
--	--

Modultitel	Experimental Astroparticle Physics			
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-E05			
Semester	Wintersemester			
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 			
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Astrophysik			
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Dieter Horns; Prof. Dr. Caren Hagner			
Lehrende	Prof. Dr. Dieter Horns; Prof. Dr. Caren Hagner			
Sprache	Englisch			
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind fähig, konkrete Experimente und deren Messungen in einen Zusammenhang zu setzen. Die Studierenden sind in der Lage, kritisch zu hinterfragen, welche Interpretation der Messergebnisse angebracht ist. Die Studierenden können nachvollziehen, wie sich aus einer physikalischen Fragestellung im Bereich der Astroteilchenphysik ein Mess- bzw. Beobachtungskonzept ableitet. Die Studierenden erlernen, aktuelle Forschungsergebnisse im gemeinsamen Diskurs im Rahmen von Seminarvorträgen zu erarbeiten.			
Inhalt	Astroteilchenphysik mit Schwerpunkten Neutrinophysik (Neutrino-nachweis, Neutrinoerzeugung, Neutrinooszillation), kosmische Beschleuniger (Erzeugung, Propagation und Nachweis kosmischer Strahlung. Dazu wechselnde aktuelle Themen aus den relevanten Gebieten der Astroteilchenphysik (dunkle Materie, Kosmologie etc.).			
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Experimental Astroparticle Physics (V) • Exercises in Experimental Astroparticle Physics (Ü) 			4 SWS 2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 	LP 6	P (Std) 56	S (Std) 62 PV (Std) 62

	<ul style="list-style-type: none"> • Übung 	2	28	32	-
	Gesamtaufwand	8	84	94	62
Studien- /Prüfungsleistungen	Studienleistung: Vortrag Prüfungsart: Mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Accelerator Physics I
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-E09
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Nanowissenschaften: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Wolfgang Hillert
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Studierende kennen die Grundlagen der Beschleunigerphysik. Studierende sind in der Lage, eine einfache Beschleunigeranlage in ihren Grundelementen selbst zu konzipieren und ihre Schlüsselparameter zu berechnen. Im Einzelnen: <ul style="list-style-type: none"> • Verständnis des Funktionsprinzips verschiedener Arten von Teilchenbeschleunigern • Konzeption und Auslegung einfacher magnetoptischer Systeme • Grundkenntnisse der Hochfrequenztechnik und -technologie an Teilchenbeschleunigern • Kenntnisse der linearen Strahldynamik in Teilchenbeschleunigern und deren Anwendung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick über Beschleunigertypen: elektrostatische Beschleuniger und Induktionsbeschleuniger, DTL, RFQ, Alvarez, Linac, Zyklotron, Synchrotron, Mikrotron • Bauelemente von Beschleunigern: Teilchenquellen, Hochfrequenzsysteme und Beschleunigungsresonatoren, Magnete, Vakuumsysteme • Lineare Strahloptik: Bewegungsgleichungen, Matrixformalis-

	<p>mus, Strahlparameter, Phasenraumdarstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kreisbeschleuniger: periodische Magnetstrukturen, transversale und longitudinale Strahldynamik • Besichtigung von Beschleunigern auf dem DESY-Gelände (z.B. FLASH, PETRA III, HERA) zur Veranschaulichung und Vertiefung des Lernstoffes 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Accelerator Physics I (V) • Exercises in Accelerator Physics I (Ü) 				<p>2 SWS 2 SWS</p>
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	5	56	64	30
Studien-/Prüfungsleistungen	<p>Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.</p>				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • S. Y. Lee: <i>Accelerator Physics</i>, 3rd edition, World Scientific, New Jersey 2011, ISBN 978-981-4374-94-1 • K. Wille: <i>Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen</i>, 2. überarb. und erw. Auflage, Teubner 1996, Stuttgart, ISBN 978-3-519-13087-1 • K. Wille: <i>The physics of particle accelerators</i>, Oxford Univ. Press 2005, Oxford, ISBN 0-19-850550-7 (engl. Übersetzung, teuer!) • D. A. Edwards, M. J. Syphers: <i>An Introduction to the Physics of High Energy Accelerators</i>, Wiley & Sons 1993, New York, ISBN 0-471-55163-5 • F. Hinterberger: <i>Physik der Teilchenbeschleuniger und Ionenoptik</i>, 2. Ausgabe, Springer 2008, Berlin, ISBN 978-3-540-75281-3 • H. Wiedemann: <i>Particle Accelerator Physics I</i>, 4th edition, Springer 2015, Berlin, ISBN 978-3-319-18316-9 • A. W. Chao, M. Tigner: <i>Handbook of Accelerator Physics and Engineering</i>, 2nd edition, World Scientific, Singapore, 2013, ISBN 978-4417-17-4 				

Modultitel	Physics of the Standard Model				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-T02				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Quantenmechanik, Kern- und Teilchenphysik, Quantum Field Theory I, Advanced Particle Physics				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Gudrid Moortgat-Pick				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls sind die Studierenden auf Forschungsprojekte (z.B. Masterarbeit) in der theoretischen Teilchenphysik mit Schwerpunkt auf Physik des Standardmodells vorbereitet.				
Inhalt	Yang-Mills Theorien, QCD-Phänomenologie, Renormierung, Verknüpfung von Kopplungen, elektroschwache Wechselwirkungen, Higgs-Mechanismus, Collider-Phänomenologie, Monte Carlo Simulation, Flavourphysik, CKM-Matrix, CP-Verletzung, Neutrinophysik und Oszillationen, Anomalien, BL, starker CP, Nachteile des Standardmodells.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Physics of the Standard Model (V) • Exercises in Physics of the Standard Model (Ü) 			3 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Vorlesung	5	42	54	54
	• Übung	1	14	16	-
	Gesamtaufwand	6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Quantum Field theory and the Standard Model, Matthew Schwartz The Standard Model, a primer, Burgess and Moore A modern introduction to QFT, Maggiore An introduction to QFT, Peskin and Schroeder				

Modultitel	Introduction to Supersymmetry and Supergravity				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-T03				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Theoretische Physik I und II				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Gudrid Moortgat-Pick				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Nach dem Kurs sind die Studierenden auf ein Forschungsprojekt wie eine Master- oder Doktorarbeit in theoretischer Teilchenphysik mit Schwerpunkt Supersymmetrie und Supergravitation vorbereitet.				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Prinzipien der Supersymmetrie und Supergravitation • Supersymmetrie-Algebra und ihre Darstellungstheorie • Supersymmetrische Yang-Mills-Theorien • Das supersymmetrische Standardmodell • Erweiterte Supersymmetrie und Seiberg-Witten-Theorie • Supergravitation und ihre Kopplung an Materie. • Erweiterte Supergravitäten und ihre geometrischen Eigenschaften • Supersymmetrie und Supergravitation in beliebigen Dimensionen 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Supersymmetry and Supergravity (V) • Exercises in Introduction to Supersymmetry and Supergravity (Ü) 				3 SWS 1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	5	42	54	54
	Gesamtaufwand	1	14	16	-
		6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Weinberg, S, Quantum Field Theory 3, Supersymmetry				

Modultitel	Introduction to String Theory				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-T11				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Stringsteilkurs				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Volker Schomerus				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Nach dem Kurs sind die Studierenden auf ein Forschungsprojekt wie eine Master- oder Doktorarbeit in Stringtheorie vorbereitet.				
Inhalt	Dieser Kurs behandelt die Grundlagen der String- und Superstringtheorie in flachen und gekrümmten Hintergründen. Die Themen umfassen: Klassische Strings (closed and open), Quantisierung, Relation mit Eichtheorie und Gravitation, Supersymmetrie, Superstringtheorien sowie einige Aspekte der Conformal Field Theory, Calabi-Yau-Kompaktifizierungen und die AdS / CFT-Korrespondenz.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to String Theory (V) • Exercises in Introduction to String Theory (Ü) 				2 SWS 2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Vorlesung	3	28	32	30
	• Übung	2	28	32	-
	Gesamtaufwand	5	56	64	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Phenomenology of Physics beyond the Standard Model				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-T12				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Quantenmechanik, Kern- und Teilchenphysik, Quantum Field Theory I, Advanced particle Physics or Physics of the Standard Model				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Gudrid Moortgat-Pick				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Nach dem Kurs sind die Studierenden auf ein Forschungsprojekt wie eine Master- oder Doktorarbeit in theoretischer Teilchenphysik mit Schwerpunkt auf Physik des Standardmodells vorbereitet.				
Inhalt	Phänomenologie an Beschleunigern für verschiedene Modelle der Physik jenseits des Standardmodells, Supersymmetrie, Extra Dimension Modelle, Modelle mit extra Eichbosonen, Yang-Mills-Theorien, QCD-Phänomenologie, Renormierung, Verknüpfung von Kopplungen, Electroweak-Wechselwirkungen, Higgs-Mechanismus, Higgs-Physik, LHC-Phänomenologie, Monte-Carlo-Werkzeuge, Flavour-Physik, CKM-Matrix, CP-Verletzung, Neutrinophysik und Oszillationen Anomalien, B-L, starke CP, Nachteile des Standardmodells.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Phenomenology of Physics beyond the Standard Model (V) • Exercises in Phenomenology of Physics beyond the Standard Model (Ü) 			3 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	5	42	54	54
	Gesamtaufwand	6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Quantum Field theory and the Standard Model, Matthew Schwartz The Standard Model, a primer, Burgess and Moore				

	A modern introduction to QFT, Maggiore An introduction to QFT, Peskin and Schroeder
--	--

Modultitel	Quantum Chromodynamics (Advanced Topic in Particle Physics)				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-T22				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Grundkenntnisse der Teilchenphysik, Kenntnisse in Quantenfeldtheorie				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Gudrid Moortgat-Pick				
Lehrende	Prof. Dr. Gudrid Moortgat-Pick, Dr. Markus Diehl				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Teilnehmer kennen die Hauptmerkmale der Quantenchromodynamik als Quantenfeldtheorie, insbesondere die Rolle, die Symmetrien und Quantenschleifen spielen. Darüber hinaus können die Teilnehmer die Herausforderungen einer quantitativen Beschreibung der Prozesse bei modernen Particle Collidern, insbesondere des LHC, bewerten.				
Inhalt	- Symmetrien der QCD und ihre Folgen - Störungstheorie, Renormalisierung und die laufende Kopplung - Konzepte und Werkzeuge zur Beschreibung der QCD in Experimenten mit hoher Energie.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Quantum Chromodynamics (Advanced Topic in Particle Physics) (V) 			2 SWS	
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	J. Collins, Foundations of Perturbative QCD, Cambridge University Press, 2011				

	G. Sterman, An Introduction to Quantum Field Theory, Cambridge University Press, 1993
--	---

Modultitel	Introduction to Conformal Field Theory				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-T25				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Theoretical Physics 1-3, Grundwissen in Quantenfeldtheorie.				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Volker Schomerus				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Nach dem Kurs sind die Studierenden auf ein Forschungsprojekt wie eine Master- oder Doktorarbeit in theoretischer Teilchenphysik mit Schwerpunkt in konformen Quantenfeldtheorien vorbereitet.				
Inhalt	<p>Der Kurs bietet eine Einführung in konforme Quantenfeldtheorien (CFTs), ihre Anwendungen und Methoden.</p> <p>Nach einer kurzen Diskussion von Beispielen in der statistischen Physik, der Theorie der kondensierten Materie und der Hochenergiephysik wird die konforme Symmetrie und ihre direkten Auswirkungen auf die Struktur von Korrelationsfunktionen behandelt.</p> <p>Die Lösung von 2-dimensional interaktiven CFTs auf Räumen mit und ohne Grenzen werden Gegenstand des Hauptteils des Kurses sein. Der letzte Teil des Kurses ist den jüngsten Entwicklungen in der Dimension $D < \sim 3$ gewidmet.</p>				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Conformal Field Theory (V) • Exercises in Introduction to Conformal Field Theory (Ü) 			2 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	1	14	16	-
		4	42	48	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				

Häufigkeit des Angebots	zweijährlich
Literatur	Weinberg, S, Quantum Field Theory

Modultitel	Computer Algebra and Particle Physics				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BE-T29				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Quantenphysik				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Sven-Olaf Moch				
Lehrende	Prof. Dr. Sven-Olaf Moch				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben Grundkenntnisse über Algorithmen, die für die theoretische Teilchenphysik relevant sind und Erfahrungen im Umgang mit Computeralgebrasystemen.				
Inhalt	Einführung in grundlegende Algorithmen und Computeralgebra-Systeme wie Mathematica, Maple oder FORM mit Schwerpunkt auf Anwendungen in der theoretischen Teilchenphysik; Definition und Verwendung von Ausdrücken, Mustern, Ersetzungen und Funktionen; Techniken zur Berechnung von Feynman-Integralen. Der Kurs beinhaltet Übungen und praktische Übungen mit moderner Software.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Computer Algebra and Particle Physics (V) • Exercises in Computer Algebra and Particle Physics (Ü) 			3 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	5	42	54	54
	Gesamtaufwand	1	14	16	-
		6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	A. Grozin, Introduction to Mathematica for Physicists, Springer, 2014				

	J. von zur Gathen and J. Gerhard, Modern Computer Algebra, Cambridge University Press, 2013
--	---

Biomedizinische Physik:

Modultitel	Biomedical Physics I				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BP-E01				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Erika Garutti; Prof. Dr. Florian Grüner				
Lehrende	Prof. Dr. Erika Garutti; Prof. Dr. Florian Grüner				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls sind die Studierenden mit modernen Methoden der medizinischen Bildgebung (PET, SPECT, MRI, CT, Multi-modal) und den grundlegenden Techniken der Strahlentherapie vertraut.				
Inhalt	<p>In diesem Kurs behandeln wir das komplexe Gebiet der verschiedenen Aspekte der medizinischen Therapie und Bildgebung, wobei letzteres im Vordergrund steht. Insbesondere diskutieren wir die physikalischen Grenzen heutiger medizinischer Bildgebungstechniken und behandeln die Frage, wie die Physik einen Mehrwert erbringen kann, indem wir die Grenzen weiter verschieben. Hauptaspekte sind die räumliche Auflösung und Empfindlichkeit bei der Bildgebung von Tumorgewebe und / oder medizinischen Diagnostiken.</p> <p>Im Journal Club werden diese Themen im Hinblick auf die modernsten Entwicklungen in den Bereichen analysiert. Die Studierenden lernen auch, wie sie eine wissenschaftliche Publikation aufbauen und diskutieren können.</p>				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Biomedical Physics I (V) • Journal Club (Ü) 			2 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Vorlesung	3	28	32	30
	• Übung/Journal Club	2	28	32	-

	Gesamtaufwand	5	56	64	30
Studien- /Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	J. L. Prince and J. M. Links: Medical imaging: signals and systems, Prentice Hall, 2006; C. Grupen and I. Buvat: Handbook of Particle Detection and Imaging; W. R. Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer.				

Modultitel	Biomedical Physics II
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BP-E02
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Arwen Ruth Pearson
Lehrende	Prof. Dr. Arwen Ruth Pearson
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls sind die Studierenden mit der Struktur von Makromolekülen, Zellen und Gewebe sowie mit Schlüsselfaktoren der zellulären und extrazellulären Biochemie im Zusammenhang mit Krankheiten, einschließlich Krebs, vertraut.
Inhalt	<p>In diesem Kurs werden wir die Grundlagen der makromolekularen, zellulären und Gewebestruktur und -architektur aus biophysikalischer Sicht behandeln. Wir werden die Grundlagen des Metabolismus und der Homöostase, insbesondere der Regulation des Zellzyklus, behandeln, um die Veränderungen auf molekularer Ebene zu verstehen, welche mit dem Ausbruch der Krankheit verbunden sind. Dieser Kurs zielt darauf ab, die in „Biomedical Physics I“ vorgestellten Bildgebungs- und Detektionswerkzeuge in einen physiologischen Kontext zu stellen. Wir werden auch das Potenzial für kombinierte bildgebende und therapeutische Ansätze diskutieren.</p> <p>Im Journal Club werden diese Themen im Hinblick auf die modernsten Entwicklungen in den Bereichen analysiert. Die Studierenden lernen auch, wie sie eine wissenschaftliche Publikation strukturieren und dis-</p>

	kutieren können. Insbesondere werden folgende Themen im Kurs vorgestellt: - Makromolekulare Struktur und Funktion; - Die Architektur der Zelle; - biologische Homöostase; - Der Zellzyklus; - Stoffwechselwege und Regulierung; - Intra- und Interzellularkommunikation; - Therapeutische Liefermittel.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Biomedical Physics II (V) • Journal Club (Ü) 				2 SWS 2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung/Journal Club 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		5	56	64	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Physical Biology of the Cell, Phillips, Kondev, Theriot & Orme. Garland Scientific.				

Modultitel	Biomedical Physics III
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BP-E03
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Florian Grüner
Lehrende	Dr. Elisabetta Gargioni
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls sind die Studierenden mit den Grundlagen des Strahlungstransports und dessen Anwendung in der Strahlentherapie und im Strahlenschutz vertraut. Außerdem haben

	sie Einblick in die Rolle der medizinischen Bildgebung in der Strahlentherapie.				
Inhalt	<p>In diesem Modul werden wir die grundlegenden Aspekte der Physik der Strahlentherapie und des Strahlenschutzes kennenlernen und den Schwerpunkt in den Strahlungstransport und die Dosisberechnung legen. Die Anwendung von multimodaler medizinischer Bildgebung in der Zielvolumen-Definition und der Bestrahlungsplanung werden außerdem diskutiert und analysiert.</p> <p>Die Teilnahmen an den Modulen “Biomedical Physics I” und “Biomedical Physics II” sind keine Voraussetzung für dieses Modul.</p> <p>Folgende Aspekte werden hier behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kernmodelle und Radioaktivität • Wechselwirkungen von Photonen und geladenen Teilchen mit Materie • Grundlagen des Strahlungstransports und der Monte-Carlo-Techniken • Dosimetrie in der Strahlentherapie und im Strahlenschutz • Multimodale Bildgebung in der Strahlentherapie • Strahlungsquellen in der Therapie • Grundlagen der Bestrahlungsplanung 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Biomedical Physics III (V) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	<p>Prüfungsart: Mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.</p>				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	Jährlich				
Literatur	<p>P. Mayles, A. Nahum, J. C. Rosenwald (Eds.), Handbook of Radiotherapy Physics – Theory and Practice, Taylor & Francis (2007); M. Goitein, Radiation Oncology: A Physicist’s-Eye View, Springer (2008).</p>				

Modultitel	Biomedical Physics IV
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BP-E04
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul

Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Florian Grüner				
Lehrende	Dr. Elisabetta Gargioni				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind mit den Grundlagen der Physik der Strahlentherapie vertraut. Außerdem haben sie einen Überblick in die physikalische und biologische Optimierung eines Bestrahlungsplanes und in die Anwendung verschiedener Bestrahlungstechniken und Behandlungskonzepte für einige Tumorentitäten.				
Inhalt	<p>In diesem Modul werden Sie einen Einblick in die grundlegenden Aspekte der Physik in der Strahlentherapie und der mathematischen Modellierung in der Strahlenbiologie gewinnen, mit einem Schwerpunkt in den Bestrahlungstechniken und Therapiekonzepten. Aufbauend auf die Inhalte des Moduls „Biomedical Physics III“, werden wir den aktuellen Stand von Bestrahlungsplanung, Bestrahlungstechniken und Anwendung von multimodaler Bildgebung in der Strahlentherapie, insbesondere von beweglichen Tumoren diskutieren und analysieren.</p> <p>Während einer praktischen Abendsitzung in der Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie werden die Studierende die Möglichkeit haben, die grundlegenden Messdaten für die dosimetrische Charakterisierung eines medizinischen Linearbeschleunigers aufzunehmen und die Ergebnisse zu analysieren.</p> <p>Folgende Aspekte werden hier behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bestrahlungstechniken und neue Bestrahlungsmethoden in moderner Strahlentherapie Optimierungstechniken für die Bestrahlungsplanung Dosimetrie und Qualitätssicherung in der Strahlentherapie Behandlung beweglicher Tumore 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> Biomedical Physics IV (V) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> Vorlesung 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				

Häufigkeit des Angebots	jährlich
Literatur	P. Mayles, A. Nahum, J. C. Rosenwald (Eds.), Handbook of Radiotherapy Physics – Theory and Practice, Taylor & Francis (2007); M. Goitein, Radiation Oncology: A Physicist's-Eye View, Springer (2008).

Modultitel	Seminar on Biomedical Physics I				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-BP-E05				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Erika Garutti; Prof. Dr. Florian Grüner				
Lehrende	Prof. Dr. Erika Garutti; Prof. Dr. Florian Grüner				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind mit modernen Methoden der Bildgebung in der Medizin (PET, SPECT, MRI, CT, multimodal) und grundlegenden Techniken der Strahlentherapie vertraut.				
Inhalt	<p>In dieser Seminarreihe werden sechs Experten sechs relevante Themen in der biomedizinischen Physik vorstellen. Die Themen werden aus Sicht eines Arztes (konkrete Anwendung von Techniken in medizinischen Fällen) oder der industriellen Produzenten (Relevanz der Forschung aus Sicht der Industrialisierung) vorgestellt.</p> <p>Das Seminar ergänzt das Modul "Biomedical Physics I" (PHY-MV-BP-E01). Es ist in zwei Teile geteilt:</p> <p>Der erste Teil ist eine Einführung in das Gebiet durch Experten des UKE und großen Unternehmen, die medizinische Bildgebungswerkzeuge entwickeln und produzieren.</p> <p>Der zweite Teil ist die Vorstellung von verwandten Themen durch die Kursteilnehmer.</p>				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar on Biomedical Physics I (S) 			2 SWS	
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30

Studien- /Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	jährlich
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Festkörper- und Nanostrukturphysik:

Modultitel	Advanced Solid State Lecture
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E01
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Pflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Physik IV (= Festkörperphysik) oder Nanostrukturphysik A und B
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Robert H. Blick; Prof. Dr. Michael Rübhausen
Lehrende	Prof. Dr. Robert H. Blick; Prof. Dr. Michael Rübhausen; Prof. Dr. Wolfgang Hansen
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse über den wissenschaftlichen Stand der Forschung in der Festkörper- und Nanostrukturphysik. Es ist vertieftes Fachwissen vorhanden, um eine experimentelle Masterarbeit im Gebiet der Festkörper- und Nanostrukturphysik erfolgreich durchführen zu können.
Inhalt	Vertiefung aktueller Themen der Festkörperphysik; Experimentelle Methoden der Festkörperphysik; Zum Stoffumfang gehören: - Klassischer Ladungs- und Wärmetransport nach Boltzmann, Lokalisierung, Interferenzeffekte, Coulomb-Blockade in Nanostrukturen, Spintransport; - Dielektrische Funktion von Festkörpern und Nanostrukturen, elementare Anregungen wie Plasmonen, Polaronen, Polaritonen, Exzitonen, Magnonen; - Metall-Isolator Übergänge (Mott Isolator, Hubbard-Modell);

	<p>- Korrelierte Elektronensysteme am Beispiel von Hoch-Temperatur Supraleitern und Manganaten;</p> <p>- Riesenmagnetwiderstand und Spinströme (Interlagenaustauschkopplung, Spinventile und Exchange-Bias, Rashba-Effekt).</p> <p>Darüber hinaus werden sie mit aktuellen Formalismen zur theoretischen Beschreibung von modernen Festkörpern, sofern sie für das experimentelle Verständnis notwendig sind (Fermis-Goldene Regel, Suszeptibilitäten, Response-Theorie, Propagatoren) vertraut gemacht und sie werden in aktuelle Fragestellungen der Festkörper- und Nanostrukturphysik und ihre experimentellen Methoden eingeführt. Schlüsselexperimente und Anwendungen neuer Materialien wie zum Beispiel Graphen oder topologische Isolatoren werden anhand von ausgewählten aktuellen Fachpublikationen vermittelt, mit denen sich die Studierenden in der Veranstaltung auseinandersetzen.</p>				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced Solid State Lecture (V) • Exercises in Advanced Solid State Lecture (Ü) 				4 SWS 2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	6	56	62	62
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		8	84	94	62
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Nanostructure Physics I
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E02
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Nanostrukturphysik A oder Physik IV (= Festkörperphysik)
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Wolfgang Hansen
Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Hansen; Prof. Dr. Dorota Koziej
Sprache	Englisch

Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls können die Studierenden die wesentlichen Forschungsergebnisse zur Synthese von und Forschung an Halbleiter-Nanostrukturen und Bauelementen zusammenfassen.				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Halbleiter: Grundlagen und Ladungsträgertransport ▪ Grenzflächen in Halbleitern, klassische Halbleiterbauelemente ▪ Molekularstrahlepitaxie, Selbstorganisation, HL-Quantenpunkte ▪ Transport in niedrigdimensionalen Elektronensystemen ▪ Nanoplasmonics ▪ Metamaterialien ▪ Halbleiter Nanopartikel und Quantisierungseffekte ▪ Halbleiter Nanostäbe und Bauelemente ▪ Thermoelektrische Nanostrukturen ▪ Graphen, Kohlenstoff-Nanoröhren und Organische Halbleiter 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Nanostructure Physics I (V) • Exercises in Nanostructure Physics I (Ü) 			4 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	6	56	62	62
	Gesamtaufwand	8	84	94	62
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Advanced Methods for Surface and Nanostructure Characterization
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E12
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Festkörperphysik; Nanostrukturphysik
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Andreas Stierle

Lehrende	Prof. Dr. Andreas Stierle				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	<p>Die Studierenden haben ein Verständnis von verschiedenen Methoden zur strukturellen und chemischen Charakterisierung von Nanostrukturen und Oberflächen</p> <p>Die Studierenden haben Entscheidungskompetenz für die Methodenauswahl zur chemischen und strukturellen Charakterisierung von Nanostrukturen und Oberflächen entwickelt.</p> <p>Studierende wissen, wie mit Röntgen und Elektronenbeugungsmethoden die atomare Struktur von Oberflächen und Nanostrukturen charakterisiert werden kann. Dabei werden unterschiedliche Verfahren diskutiert, um die Morphologie, atomare Struktur oder Nahordnung zu beschreiben.</p> <p>Weiterhin kennen die Studierenden elektronenspektroskopische Methoden, die zur Charakterisierung der chemischen und elektronischen Eigenschaften eingesetzt werden.</p>				
Inhalt	<p>I. Röntgenbeugung an Systemen mit reduzierten Dimensionen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Röntgen-Reflexion • Röntgenbeugung unter streifendem Einfall, Kleinwinkelstreuung • Oberflächenröntgenbeugung • Beugung an dünnen Filmen, Vielfachschichten und Nanopartikeln <p>II. Elektronenbeugung an niederdimensionalen Systemen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beugung niederenergetischer Elektronen • Beugung hochenergetischer Elektronen • Elektronen als lokale Sonde: EXAFS <p>III. Oberflächensensitive Spektroskopie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Photoemissionsspektroskopie • Auger Elektronenspektroskopie <p>IV. Rastersondentechniken</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rastertunnelmikroskopie • Rasterkraftmikroskopie • Rasterelektronenmikroskopie 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	• Advanced Methods for Surface and Nanostructure Characterization (V)			2 SWS	
	• Exercises in Advanced Methods for Surface and Nanostructure Characterization (Ü)			2 SWS	
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Vorlesung	3	28	32	30
	• Übung	2	28	32	-
	Gesamtaufwand	5	56	64	30

Studien- /Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	jährlich
Literatur	1. J. Als-Nielsen, D. Mc Morrow, Elements of modern x-ray physics, Wiley 2. H. Dosch, critical phenomena at surfaces and interfaces, Springer 3. G. Ertl, J. Küppers, Low energy electron diffraction and surface chemistry, Springer 4. K. Wandelt, surface and interface science, Wiley 5. R. Waser, nanoelectronics and information technology, Wiley 6. E. Mittemeijer, U, Welzel, modern diffraction methods, Wiley

Modultitel	Bio- and Nanointerfaces
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E18
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Grundlagen der physikalischen Chemie
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Robert H. Blick
Lehrende	Prof. Dr. Robert H. Blick; PD Dr. Thomas F. Keller
Sprache	Deutsch oder Englisch
Qualifikationsziele	<p>Studierende haben</p> <ul style="list-style-type: none"> - einen Überblick über wichtige biophysikalische Prozesse an Grenzflächen - grundlegende und fachübergreifende Kenntnisse für weiterführende Vorlesungen und Abschlussarbeiten in diesem interdisziplinären Gebiet. <p>Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls wissen die Studierenden, wie Zellen elektrische Signale weiterleiten, Ionenkanäle und Nanoporen funktionieren und welchen Einfluss eine Grenzfläche auf die Konformation eines Proteins hat. Sie haben Anwendungen im Bereich der Mikrofluidik, Sensorik und Biomedizin sowie Methoden zur Untersuchung biophysikalischer Prozesse kennengelernt, mit deren Hilfe aktuelle wissenschaftliche Fragen beantwortet werden.</p>
Inhalt	I Einführung

	<p>II Grundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kraft und Energie • Thermodynamische Potentiale • Diffusion • Debye-Hückel Abschirmung, Zeta-Potential <p>III Bio- und Nanogrenzflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Physikalische Beschreibung organischer und anorganischer Grenzflächen • Biophysikalische Grenzflächen • Oberflächenspannung und Osmose • Zellmembranen • Elektrische Eigenschaften von Zellmembranen und Ionentransfer • Aufbau und Raumstruktur von Proteinen • Protein-Protein- / Protein-Oberflächen-Wechselwirkungen • AFM-Kraftspektroskopie: Kraftinduzierte Sekundärstrukturänderungen • Enzymkatalyse durch Tunneleffekt <p>VI Anwendungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mikrofluidik • Implantatoberflächen in der Forschung • Bioelektronische Devices • Biosensoren und in-vitro/in-vivo Diagnostik 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Bio-Nano-Interfaces (V) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	<p>Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.</p>				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	<p>„Biophysics: A Physiological Approach“, Patrick F. Dillon, Cambridge University Press, 2012.</p> <p>„Bioelectronics Handbook: MOSFETs, Biosensors, and Neurons“, Massimo M. Massobrio, Giuseppe, McGraw-Hill Companies, 1998.</p> <p>MIT Open course ware http://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/(3-051j)</p> <p>„Intermolecular and Surface Forces“, 2nd ed., J.N. Israelachvili, Academic</p>				

	Press, London, 1992. „Biomaterials: Protein–Surface Interactions“, R.A. Latour, in Encyclopedia of Biomaterials and Biomedical Engineering, 2005.
--	--

Modultitel	X-Ray Analytics and Microscopy in Nanoscience				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E23				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Christian Schroer				
Lehrende	Prof. Dr. Christian Schroer				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden können die wesentlichen aktuellen röntgenanalytischen und röntgenmikroskopischen Methoden für die Untersuchung von funktionalen Nanomaterialien zusammenfassen.				
Inhalt	Es werden folgende Themen behandelt: <ul style="list-style-type: none"> • Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie • Wellenoptik von Röntgenstrahlung und Röntgenoptiken • Tomographie • Rastermikroskopie und Analytik Röntgenfluoreszenz, Absorption, Beugung • Abbildende Röntgenmikroskopie • Abbildung mit kohärenter Röntgenstrahlung 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • X-Ray Analytics and Microscopy in Nanoscience (V) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Hausarbeit Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				

Häufigkeit des Angebots	jährlich
Literatur	Wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Modultitel:	Modern Scattering Methods in Nanomaterial Science
Modulnummer/-kürzel:	PHY-MV-FN-E33
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme:	Verbindlich: keine Empfohlen: Nanochemie I & II, Methoden moderner Röntgenphysik I
Modulverantwortliche(r):	Prof. Dr. Dorota Koziej
Lehrende:	Mads Ry Jørgensen, AU Dorota Koziej, UHH Ann-Christin Dippel, DESY
Sprache:	Englisch
Qualifikationsziele:	<p>Die Studenten kennen den theoretischen Hintergrund und haben praktische Erfahrungen mit Synchrotron-Röntgenstreuungstechniken, die für die Charakterisierung von Nanopartikeln relevant sind. Am Ende des Kurses können die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der Eigenschaften von Synchrotronstrahlung für die strukturelle Untersuchung von Nanopartikeln • Erklären Sie das Prinzip der Röntgenkleinwinkelstreuung (SAXS), der Pulverröntgenbeugung (PXRD) und der totalen Streuung (TS) • Identifizieren Sie die wichtigsten technischen Komponenten in den Versuchsaufbauten und berücksichtigen Sie deren Auswirkungen auf die resultierenden Daten • Durchführen von Analysen von SAXS-, PXRD- und TS-Daten von Nanopartikeln • Diskutieren Sie die Stärken und Schwächen der drei Methoden zur Charakterisierung der Eigenschaften von Nanopartikeln
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Synthese von Nanopartikeln und Probenvorbereitung im Labor • Die Theorie und die Prinzipien hinter PXRD, SAXS & TS und die Datenanalyse werden in einer Reihe von Vorträgen und Übungen vorgestellt. • Experimente an zwei Strahlführungen am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY). Die Schüler werden Experimente in kleinen Gruppen an ihren eigenen Proben durchführen. • Die während der Experimente gesammelten Daten werden während der Workshops analysiert.

Lehrveranstaltungen und Lehrformen:	<ul style="list-style-type: none"> • Modern Scattering Methods in Nanomaterial Science (V) • Sample preparation and synchrotron experiments (P) • Data analysis (Ü) 	1 SWS				2 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand* (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P(Std)	S (Std)	PV (Std)		
	<ul style="list-style-type: none"> • Lectures & e-learning (V) • Experiments (P) • Data analysis (Ü) 	2	14	24	22		
		2	28	16	16		
		1	28	2	-		
	Total	5	70	42	38		
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.						
Dauer	1 Semester						
Häufigkeit des Angebots	jährlich						
Literatur:	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.						

Modultitel	Methods in Nanobiotechnology II
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E34
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Wolfgang Parak
Lehrende	Prof. Wolfgang Parak; Dr. Neus Feliu; Dr. Indranath Chakraborty
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen moderne Methoden und Aspekte der Nanobiotechnologie und sind für wissenschaftliche Arbeiten in dieser Thematik vorbereitet.
Inhalt	In diesem Kurs werden grundlegende Methoden der Nanobiotechnologie vorgestellt und diskutiert. Der Fokus dieses Moduls liegt in der Synthese von Materialien, besonders der von Kolloiden, und deren Charakterisierung. Experimentelle Techniken und Hintergrundinformationen über Messapparaturen werden behandelt. Als Beispiele werden die Synthese kolloidaler Nanopartikel und Mikropartikel, die Funktionalisierung von Oberflächen, Reinigungsmethoden, Bestimmung von Partikelgrößen und Partikeltrennungsprozessen, Bioconugation, photo-

	physikalische Grundlagen, usw. behandelt.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Methods in Nanobiotechnology II (V) • Exercises in Methods in Nanobiotechnology II (Ü) • Practical: Methods in Nanobiotechnology II (P) 				2 SWS 2 SWS 2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung • Praktikum 	3	28	32	30
		2	28	32	-
		2	28	32	-
	Gesamtaufwand	7	84	96	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat (50%) und mündliche Prüfung (50%) Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Fundamentals of Photovoltaics
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E35
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Physik V
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Christian Schroer
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen das Konzept photovoltaischer Energieerzeugung und sind vorbereitet für wissenschaftliche Arbeiten in diesem Fachgebiet.
Inhalt	Es werden folgende Themen behandelt: <ul style="list-style-type: none"> • Konzept photovoltaischer Energieerzeugung • Theoretische, technische und ökonomische Grenzen der Photovoltaik • Technologie verschiedener Solarzellentypen • Fabrikation von Solarzellen

Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> Fundamentals of Photovoltaics (V) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> Vorlesung 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Schriftliche Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Complex Materials
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E36
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> Nanowissenschaften B.Sc. (nur 6. FS): Wahlpflichtmodul Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Dorota Koziej
Lehrende	Prof. Dr. Dorota Koziej
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen den theoretischen Hintergrund und haben praktische Erfahrungen mit komplexen Materialien erworben.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> Der Kurs ist in drei Teile unterteilt: <ol style="list-style-type: none"> I) Synthese von 0-, 1-, 2- und 3-dimensionalen Bausteinen mit einer Längenskala von nm bis μm. Inkl. praktische Aspekte der Batch- und Flow-Chemie. II) Zusammenbau von Bausteinen zu 1-, 2- und 3-dimensionalen komplexen Strukturen über mehrere Längenskalen bis zu cm. In Teil I werden verschiedene Methoden zur Synthese der anorganischen und polymeren Bausteine diskutiert. Teil II konzentriert sich auf Selbst- und gerichtete Montageverfahren, Dispersionsbasierte Beschichtung, 2D- und 3D-Drucktinten-Druck, die verwendet werden können, um Architekturen höherer Ordnung aus

	jenen Bausteinen zu erstellen, die die mikroskopische mit der makroskopischen Welt und deren Anwendungen verbinden. Teil III konzentriert sich auf die Anwendung der erlernten Konzepte auf ein Problem moderner Funktionsmaterialien. Dies beinhaltet die Umsetzung der eigenen Ideen im Labor.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Complex Materials (V) • Project (Pj) 				3 SWS 2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Projekt 	4	42	40	38
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		6	84	94	62
Studien-/Prüfungsleistungen	Studienleistung: Projektabschluss Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Methods in Nanobiotechnology I
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-E39
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Nanowissenschaften M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Wolfgang Parak
Lehrende	Prof. Wolfgang Parak; Dr. Neus Feliu; Dr. Indranath Chakraborty
Sprache	Englisch
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen moderne Methoden und Aspekte der Nanobiotechnologie und sind für wissenschaftliche Arbeiten in dieser Thematik vorbereitet.
Inhalt	In diesem Kurs werden grundlegende Methoden der Nanobiotechnologie vorgestellt und diskutiert. Der Fokus dieses Moduls liegt in der Synthese von Materialien, besonders der von Kolloiden, und deren Charakterisierung. Experimentelle Techniken und Hintergrundinformationen über Messapparaturen werden behandelt. Als Beispiele werden die

	Synthese kolloidaler Nanopartikel und Mikropartikel, die Funktionalisierung von Oberflächen, Reinigungsmethoden, Bestimmung von Partikelgrößen und Partikeltrennungsprozessen, Bioconugation, photo-physikalische Grundlagen, u.s.w. behandelt.					
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Methods in Nanobiotechnology I (V) • Exercises in Methods in Nanobiotechnology I (Ü) • Practical: Methods in Nanobiotechnology I (P) 			2 SWS	2 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)	
	• Vorlesung	3	28	32	30	
	• Übung	2	28	32	-	
	• Praktikum	2	28	32	-	
	Gesamtaufwand	7	84	96	30	
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat (50%) und mündliche Prüfung (50%) Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.					
Dauer	1 Semester					
Häufigkeit des Angebots	jährlich					
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.					

Modultitel	Nonequilibrium Statistics and Transport Theory		
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-T13		
Semester	Sommersemester		
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 		
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine		
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Thorwart		
Lehrende	Prof. Dr. Michael Thorwart/ PD Dr. Alexander Chudnovskiy		
Sprache	Englisch		
Qualifikationsziele	Studierende kennen moderne Konzepte der Quantenstatistik von Systemen im Nichtgleichgewicht und der Quantentransporttheorie und sind für das wissenschaftliche Arbeiten in diesem Gebiet vorbereitet.		
Inhalt	Moderne Konzepte der Quantenstatistik von Systemen im Nichtgleichgewicht und der Quantentransporttheorie.		
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Nonequilibrium Statistics and Transport Theory (V) • Exercises in Nonequilibrium Statistics and Transport Theory (Ü) 		4 SWS 2 SWS

Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
		6	56	62	62
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		8	84	94	62
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Seminar on Selected Topics of the Quantum Theory of Condensed Matter				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-T17				
Semester	Wintersemester/ Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Daniela Pfannkuche				
Lehrende	Prof. Dr. Daniela Pfannkuche				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende <ul style="list-style-type: none"> • haben Einblicke in moderne Themen und Methoden in der Theorie der kondensierten Materie gewonnen. • haben gelernt, Wissen aus zeitgenössischen wissenschaftlichen Publikationen zusammenzutragen und in einer wissenschaftlichen Präsentation zu reproduzieren. • haben ihr Wissen in einem ausgewählten aktuellen Thema der Theorie der kondensierten Materie vertieft. • können aktiv zu wissenschaftlichen Diskussionen beitragen. 				
Inhalt	Aktuelle Aspekte und neuartige Entwicklungen der Quanten-Vielkörpertheorie: neuartige Materialien und fortgeschrittene Methoden				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar on Selected Topics of the Quantum Theory of Condensed Matter (S) 				2 SWS

Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Seminar on Many-Body Theory and Quantum-Statistical Methods				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-T18				
Semester	Wintersemester/ Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Potthoff				
Lehrende	Prof. Dr. Michael Potthoff				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, aktuelle physikalische Probleme auf dem Gebiet der Vielteilchentheorie und quantenstatistischer Methoden zu diskutieren und ein spezialisiertes Thema zu erarbeiten und zu präsentieren.				
Inhalt	Neuartige Forschungsrichtungen zur Vielteilchen-Theorie und quantenstatistischen Methoden.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar on Many-Body Theory and Quantum-Statistical Methods (S) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Modultitel	Seminar on Quantum Dynamics of Nonequilibrium Nano Systems				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-T19				
Semester	Wintersemester/ Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Thorwart				
Lehrende	Prof. Dr. Michael Thorwart				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende kennen aktuelle Forschungsthemen in diesem Gebiet und sind für das wissenschaftliche Arbeiten vorbereitet.				
Inhalt	Wissenschaftliche Analyse von aktuellen Fragen der Quantenstatistik von Systemen im Nichtgleichgewicht und des Quantentransports.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar on Quantum Dynamics of Nonequilibrium Nano Systems (S) 			2 SWS	
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar 	LP 3	P (Std) 28	S (Std) 32	PV (Std) 30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Quantum Statistics with Path Integrals				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-T24				
Semester	Sommersemester				

Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Thorwart				
Lehrende	Prof. Dr. Michael Thorwart				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Mit der fortgeschrittenen Einführung in die Quantenstatistik mit Pfadintegralen kennen die Studierenden aktuelle Methoden aus dem Bereich der Pfadintegrale für Quantenvielteilchensysteme und sind für das wissenschaftliche Arbeiten vorbereitet.				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Fortgeschrittene Einführung in die Quantenstatistik mit Pfadintegralen • Aktuelle Methoden aus dem Bereich der Pfadintegrale für Quantenvielteilchensysteme 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Quantum Statistics with Path Integrals (V) • Exercises in Quantum Statistics with Path Integrals (Ü) 			4 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	6	56	62	62
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		8	84	94	62
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Symmetry Groups in Physics
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-T25
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul

Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Theoretische Physik I, Theoretische Physik II Empfohlen: Theoretische Physik III				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Potthoff				
Lehrende	Prof. Dr. Michael Potthoff				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen grundlegende Werkzeuge der Gruppentheorie und können gruppentheoretische Konzepte auf grundlegende Themen der Theoretischen Physik anwenden.				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Konzepte der Symmetrie in verschiedenen Bereichen der Physik • Grundlegende Elemente der Gruppentheorie • Paradigmatische Beispiele für Symmetriegruppen in der klassischen und der Quantenmechanik • Theorie diskreter Gruppen, Anwendung auf Systeme kondensierter Materie • Repräsentationstheorie • Theorie der Lie-Gruppen und Lie-Algebren • Anwendungen zur Quantentheorie von Vielteilchensystemen 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Symmetry Groups in Physics (V) • Exercises in Symmetry Groups in Physics (Ü) 			4 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	6	56	62	62
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		8	84	94	62
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Condensed-Matter Theory: Special Topics
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-FN-T28
Semester	Sommersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Nanowissenschaften: Wahlpflichtmodul • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die	Verbindlich: keine

Teilnahme	Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Daniela Pfannkuche/ Prof. Dr. Michael Potthoff				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende haben Einblick in moderne Themen und Erfahrung im Umgang mit speziellen Methoden der Theorie der kondensierten Materie im Kontext aktueller Forschung erlangt.				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Topologische Eigenschaften ausgewählter Modellsysteme • Ballistischer Transport • Quanten-Hall-Effekte • Green's Funktionen und diagrammatische Störungstheorie • Magnetismus 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Condensed-Matter Theory: Special Topics (V) • Exercises - Condensed-Matter Theory: Special Topics (Ü) 			4 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	6	56	62	62
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		8	84	94	62
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Laserphysik und Photonik:

Modultitel	Ultrafast Optical Physics I
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-LP-E11
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul
Voraussetzungen für die	Verbindlich: keine

Teilnahme	Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Markus Drescher				
Lehrende	Prof. Dr. Markus Drescher				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	<p>Studierende haben Grundlagenwissen über die Beschreibung ultrakurzer optischer Pulse, über deren Generierung, Manipulation, Diagnostik und Anwendung in modernen Verfahren der nichtlinearen Optik und optischen Spektroskopie.</p> <p>Die Vorlesung will die besonderen Konzepte vermitteln, die zum Verständnis ultrakurzer Phänomene notwendig sind und die Technologien einführen, die die Grundlage für moderne Kurzpulslaser bilden.</p>				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung ultrakurzer optischer Pulse und deren Wechselwirkung mit Materie; • Erzeugung ultrakurzer Pulse mit Lasern; • Grundzüge der nichtlinearen Optik; • Diagnostik ultrakurzer optischer Pulse; • Ultrakurze Pulse in nicht-konventionellen Spektralbereichen. <p>In den zugeordneten Übungen werden gemeinsam Probleme gelöst, um die erworbenen Kenntnisse anhand von Beispielen und Aufgaben zu verfestigen.</p>				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Ultrafast Optical Physics I (V) • Exercises in Ultrafast Optical Physics I (Ü) 			2 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	2	28	32	-
		5	56	64	30
Studien-/Prüfungsleistungen	<p>Prüfungsart: Mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.</p>				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Modern Molecular Physics
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-LP-E16
Semester	Wintersemester
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul

Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Quantenmechanik Einführung in die Atom-, Molekular- und Laserphysik und Quantenoptik Verbindlich: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Jochen Küpper				
Lehrende	Prof. Dr. Jochen Küpper				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Konzepte moderner Experimente in der Molekülphysik. Die Studierenden haben ein detailliertes Verständnis von Atomen und Molekülen und deren Wechselwirkung mit äußeren Feldern und anderen Teilchen sowie ein Verständnis für experimentelle Konzepte in der Molekülphysik erworben.				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> Einführung in (ausgewählte) moderne Experimente in der Molekülphysik Struktur von zweiatomigen / linearen Molekülen Spektroskopie von zweiatomigen / linearen Molekülen Moleküle in externen Feldern Grundlagen der (adiabatischen) Ausrichtung und Orientierung, Pendelzustände molekulare Symmetrie mehratomige Moleküle Basis der Präzisionsspektroskopie, Frequenzkämmen Einführung in die Molekulardynamik 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> Modern Molecular Physics (V) Exercises in Modern Molecular Physics (Ü) 			2 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> Vorlesung Übung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	1	14	16	-
		8	42	48	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Deutsch oder Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Ultrafast Optical Physics II				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-LP-E21				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Franz Xaver Kärtner				
Lehrende	Prof. Dr. Franz Xaver Kärtner				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben fortgeschrittenes Wissen im Bereich der ultrakurzen Pulseerzeugung, Verstärkung, Manipulation und deren Anwendungen in Spektroskopie, Metrologie und den Attosekundenwissenschaften. Nach erfolgreichem Abschluss sind Studierende in der Lage, Ultrakurzpuls Laser-Oszillatoren und Verstärker, sowie die Pulseausbreitung in linearen und nichtlinearen Medien quantitativ zu modellieren und zu analysieren.				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Ultrakurze Pulseerzeugung • Verstärkung, Manipulation und deren Anwendungen in Spektroskopie, Metrologie und den Attosekundenwissenschaften • Ultrakurzpuls Laser-Oszillatoren und Verstärker • Pulseausbreitung in linearen und nichtlinearen Medien 				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Ultrafast Optical Physics II (V) • Exercises in Ultrafast Optical Physics II (Ü) 			3 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	5	42	54	54
	Gesamtaufwand	6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Light-Matter-Interactions: Atoms, Molecules & (Non) Linear Optics				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-LP-E22				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Christian Bressler; Prof. Dr. Wilfried Wurth				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Strahlungslebensdauern, Linienbreiten, Polarisation und Methoden zu deren Messung (Spektrometer, Detektoren, TCSPC, usw.) und ein Verständnis verschiedener Verbreiterungsmechanismen (Druck, Doppler, Laufzeit, usw.).				
Inhalt	Reminder Maxwell equations, spectrometer resolution, Bohr-model, Fourier-transformations				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Light-Matter Interactions: Atoms, Molecules & (Non) Linear Optics (V) • Exercises in Light-Matter Interactions: Atoms, Molecules & (Non) Linear Optics (Ü) 				2 SWS 1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	3	28	32	30
		1	14	16	-
	Gesamtaufwand	4	42	48	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Demtröder: Laser Spectroscopy				

Modultitel	Nonlinear Optics				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-LP-E27				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Franz Xaver Kärtner				
Lehrende	Prof. Dr. Franz Xaver Kärtner				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende kennen die wichtigsten nichtlinearen optischen Prozesse. Die Studierenden sind in der Lage, Frequenzkonvertierungseinheiten, ultraschnelle parametrische optische Verstärker und Messtechniken basierend auf nichtlinearen optischen Prozessen zu simulieren und zu entwerfen.				
Inhalt	Nichtlineare optische Suszepten und Symmetrien, nichtlineare Wellengleichung, Erzeugung der zweiten Harmonischen, Phasenanpassung, Quasi-Phasenanpassung, optische Rektifikation, Many-Rowe-Beziehungen, Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, optische parametrische Verstärkung, ultraschnelle optische parametrische Verstärkung, nichtlineare dritte Ordnung Effekte, Erzeugung dritter Harmonischer, Kerr-Effekt, Selbstphasenmodulation, Selbstfokussierung, stimulierte Raman- und Brillouin-Streuung, optische Solitonen, extreme nichtlineare Optik: Carrier-Wave Rabi-flopping, Oberwellenerzeugung höherer Ordnung, starke Feldphysik in Festkörpern.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Nonlinear Optics (V) • Exercises in Nonlinear Optics (Ü) 			3 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	• Vorlesung	5	42	54	54
	• Übung	1	14	16	-
	Gesamtaufwand	6	56	70	54
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Nonlinear Optics, R. W. Boyd, Academic Press 2008;				

	The Elements of Nonlinear Optics, P. N. Butcher, Cambridge University Press, 1991.
--	--

Modultitel	New Experiments with XFEL Sources				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-LP-E29				
Semester	Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Christian Bressler; Prof. Dr. Michael Rübhausen				
Lehrende	Mitglieder des Lehrkörpers aus dem Fachbereich Physik				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende können XFEL Publikationen besser verstehen sowie eigene Ideen zur Durchführung von XFEL Experimenten entwickeln.				
Inhalt	Wesentliche aktuelle wissenschaftliche Entwicklungen auf den Gebieten der Spektroskopie und Streuung mit intensiver Röntgenstrahlung, inklusive Atomphysik, Femtosekunden Molekülphysik, Plasmaphysik. Auch werden experimentelle Hilfsmittel wie Röntgenlinsen, Femtosekunden-Zeitbestimmung zwischen 2 unabhängigen Lichtquellen, Röntgenemissionspektrometer, Detektoren vorgestellt.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • New Experiments with XFEL Sources (V) • Exercises in New Experiments with XFEL Sources (Ü) 			2 SWS	1 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	4	42	48	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur oder mündliche Prüfung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jährlich				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Seminar: Many-body Theory of Ultracold Atoms and Solid State Systems				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-LP-T02				
Semester	Wintersemester/ Sommersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine				
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Ludwig Mathey				
Lehrende	Prof. Dr. Ludwig Mathey				
Sprache	Englisch				
Qualifikationsziele	Studierende können einen fachlich kompetenten Vortrag zu einem Thema der modernen Atomphysik, Festkörperphysik oder Quantenoptik halten.				
Inhalt	Erarbeitung und Diskussion eines aktuellen Forschungsthemas. Dies beinhaltet z.B. angewandte und experimentelle Fragen und deren theoretische Reflektion, als auch grundsätzliche, konzeptionelle Fragen der Viel-Teilchen Theorie.				
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar: Many-body Theory of Ultracold Atoms and Solid State Systems (S) 				2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)
	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar 	3	28	32	30
	Gesamtaufwand	3	28	32	30
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Referat mit schriftlicher Ausarbeitung Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
Dauer	1 Semester				
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester				
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Modultitel	Theory of Photon-Matter Interactions				
Modulnummer/-kürzel	PHY-MV-LP-T03				
Semester	Wintersemester				
Verwendbarkeit, Modultyp und Zuordnung zum Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • Physik M.Sc.: Wahlpflichtmodul • Physics M.Sc.: Wahlpflichtmodul 				

Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> MSc Nanowissenschaften: Wahlpflichtmodul 					
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführung in die Astronomie I und II, Theoretische Physik I-III					
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Robin Santra					
Lehrende	Prof. Dr. Robin Santra					
Sprache	Englisch					
Qualifikationsziele	Die Studierenden können für praktisch relevante Situationen der Licht-Materie-Wechselwirkung eine präzise quantenmechanische Beschreibung entwickeln. Die Studierenden haben ein konzeptionelles und quantitatives Verständnis von Experimenten erreicht, in denen das Verhalten von Elektronen im elektromagnetischen Feld im Vordergrund steht. Dies schließt im Allgemeinen sowohl Experimente mit optischen Lasern als auch mit Röntgenquellen ein.					
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> Kanonischer Formalismus Quantentheorie des freien elektromagnetischen Feldes Quantentheorie von Vielelektronensystemen Wechselwirkung zwischen dem Photonenfeld und dem Elektronenfeld Semiklassische Theorie Anwendungen 					
Lehrveranstaltungen und Lehrformen	<ul style="list-style-type: none"> Theory of Photon-Matter Interactions (V) Exercises in Theory of Photon-Matter Interactions (Ü) Seminar on Theory of Photon-Matter Interactions (S) 			2 SWS	2 SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand (Teilleistungen und insgesamt)		LP	P (Std)	S (Std)	PV (Std)	
	<ul style="list-style-type: none"> Vorlesung Übung Seminar 	3	28	32	30	
	Gesamtaufwand	8	84	96	60	
Studien-/Prüfungsleistungen	Prüfungsart: Klausur (60%) und schriftliche Ausarbeitung (40%) Sprache der Prüfung: Englisch Abweichungen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.					
Dauer	1 Semester					
Häufigkeit des Angebots	zweijährlich					
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> Molecular Quantum Electrodynamics, by D. P. Craig and T. Thirunamachandran, Dover Quantum Theory of Light, by R. Loudon, Oxford University Press Modern Quantum Chemistry, by A. Szabo and N. S. Ostlund, Dover 					

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Quantum Theory of Many-Particle Systems, by A. L. Fetter and J. D. Walecka, Dover• Atomic Structure Theory, by W. R. Johnson, Springer• In addition, a script will be provided. |
|--|---|