

Modulhandbuch

zum Studiengang

Medizinphysik (B.Sc.)

der Fakultät Physik

Version: 15. April 2025

Prüfungsordnung 2017

Zur Verwendbarkeit der Module

Die folgenden Module wurden eigens für diesen Studiengang neu geschaffen:

- Module Experimentalphysik I, II, III
- Modul „Struktur der Materie“ bestehend aus Festkörperphysik (Teil A) und Kern- und Elementarteilchenphysik (Teil B)
- Module Medizinphysik I und II
- Modul Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und medizinphysikalisches Klinikpraktikum

Dabei sollen die beiden letztgenannten (Medizinphysik sowie Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und medizinphysikalisches Klinikpraktikum) auch als Vertiefungsgebiete im Studiengang Physik Verwendung finden.

Die übrigen Module finden auch in anderen Studiengängen der TU Dortmund Verwendung und zwar im Einzelnen wie folgt:

- Module Höhere Mathematik I, II, III in den Studiengängen Elektrotechnik, Informationstechnik, Physik und Angewandte Informatik
- Module Anatomie I, Biochemie I, II, Physiologie I, II in den Studiengängen Statistik, Informatik, Angewandte Informatik und Physik, ebenso wie die weiteren aufgeführten Wahlveranstaltungen aus dem Angebot der Medizinischen Fakultät der RUB
- Module Experimentelle Übungen (Grundpraktikum und Fortgeschrittenenpraktikum) sowie Elektronik im Studiengang Physik
- Module Theoretische Physik I, II in den Studiengängen Statistik, Informatik, Angewandte Informatik, Mathematik und Wissenschaftsjournalismus
- Modul Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler in den Studiengängen Logistik und Wirtschaftsingenieurwesen

Module aus dem Bereich Physik

Experimentalphysik I	(1. Semester, 11 LP)
Experimentalphysik II	(2. Semester, 9 LP)
Experimentalphysik III	(3. Semester, 9 LP)
Theoretische Physik I	(3. Semester, 9 LP)
Theoretische Physik II	(4. Semester, 9 LP)
Medizinphysik I	(4. Semester, 8 LP)
Medizinphysik II	(5. Semester, 7 LP)
Struktur der Materie (Teil A: Festkörperphysik; Teil B: Kern- und Elementarteilchenphysik)	(5. Semester, 8 LP)
Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und medizinphysikalisches Klinikpraktikum	(5. Semester, 8 LP)
Elektronik	(6. Semester, 8 LP)
Physikalisches Grundpraktikum	(3./4. Semester, 12 LP)
Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum	(5. Semester, 6 LP)
Bachelorarbeit	(6. Semester, 10 LP)

Module aus dem Bereich Medizin

Biochemie I	(1. Semester, 3 LP)
Biochemie II	(2. Semester, 3 LP)
Physiologie I	(1. Semester, 3 LP)
Physiologie II	(2. Semester, 3 LP)
Anatomie I	(5. Semester, 4 LP)

Module aus dem Bereich Mathematik

Höhere Mathematik I	(1. Semester, 9 LP)
Höhere Mathematik II	(2. Semester, 9 LP)
Höhere Mathematik III	(3. Semester, 9 LP)

Module aus dem Bereich Informatik

Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftl.	(1. Semester, 7 LP)
---	---------------------

Modul: Experimentalphysik I					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1. Semester	Credits: 11	Aufwand: 330 h
1 Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	5	3
2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch					
3 Lehrinhalte: Einführung: Einleitende Bemerkungen, Messung physikalischer Größen Mechanik: Kinematik, die Newtonschen Axiome und ihre Anwendung, Koordinaten und Bezugssysteme, Arbeit und Energie, der starre Körper, Rotationsbewegungen, Schwingungen, harmonischer Oszillator, mechanische Wellen, Flüssigkeitsmechanik Wärmelehre: Druck und Temperatur, das ideale Gas, Wärmemenge, spezifische Wärme, Hauptsätze der Wärmelehre					
4 Literatur: (weitere Literaturhinweise in der Vorlesung) Demtröder, Experimentalphysik 1 und 2 (Springer) Halliday, Resnick, Walker, Physik (Wiley-VCH) Gerthsen, Meschede, Physik (Springer)					
5 Kompetenzen: Die Studierenden gewinnen ein Verständnis der physikalischen Phänomene, der experimentellen Methodik und der mathematischen Beschreibung der unter 3 genannten Gebiete der klassischen Physik. Sie sind in der Lage, einfache physikalische Probleme selbstständig zu bearbeiten.					
6 Prüfungsformen und -leistungen: Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.					
7 Teilnahmevoraussetzungen: keine					
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik					
9 Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik			Zuständige Fakultät: Physik		

Modul: Experimentalphysik II					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 2. Semester	Credits: 9	Aufwand: 270 h
1 Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	3	2
2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch					
3 Lehrinhalte: Elektro- und Magnetostatik: Ladung und elektrostatische Felder, elektrischer Strom, magnetische Felder und Magnetostatik Elektrodynamik: Zeitlich veränderliche Felder, Wechselstromnetzwerke, die Maxwell'schen Gleichungen, elektromagnetische Wellen und Strahlung, verschiedene Lösungen der Wellengleichung, Grundbegriffe zur Synchrotronstrahlung Optik: Licht als elektromagnetische Welle, geometrische Optik, optische Abbildungen und Instrumente, Reflexion, Brechung, Beugung					
4 Literatur: (weitere Literaturhinweise in der Vorlesung) Demtröder, Experimentalphysik 2 (Springer) Halliday, Resnick, Walker, Physik (Wiley-VCH) Gerthsen, Meschede, Physik (Springer)					
5 Kompetenzen: Die Studierenden gewinnen ein Verständnis der physikalischen Phänomene, der experimentellen Methodik und der mathematischen Beschreibung der unter 3 genannten Gebiete der klassischen Physik. Sie sind in der Lage, einfache physikalische Probleme selbständig zu bearbeiten.					
6 Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.					
7 Teilnahmevoraussetzungen: keine					
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik					
9 Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik			Zuständige Fakultät: Physik		

Modul: Experimentalphysik III					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Semester	Credits: 9	Aufwand: 270 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Transportphänomene: Hydrodynamik, Wärme- und Stofftransport, Diffusion Wellenphänomene: Wellengleichung, Fourierreihen, Fouriertransformation, Fourierintegral, ebene Wellen, Kugelwellen, Wellenarten (laufende und stehende), Superpositionsprinzip, Huygens' Prinzip, Fraunhofer Beugung, Wellenleiter und Resonatoren Quantenphänomene: Welle/Teilchendualismus, Schwarzkörperstrahlung, Dispersionsrelation, Elektronenwelle, Unbestimmtheitsrelation, Schrödingergleichung, Wasserstoffatom, Quantenzahlen, Spin, (Hyper-) Feinstruktur, Helium, Aufbau der Elektronenhülle der Elemente, chemische Elemente				
4	Literatur: Demtröder, Experimentalphysik 1-3, M. Alonso, E. J. Finn, Fundamental University Physics III, Haken Wolf, Cohen-Tannoudji				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten der klassischen Physik und einfacher Teilgebiete der modernen Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik einordnen und Zusammenhänge zwischen diesen herstellen				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Eines der Module Experimentalphysik I oder II muss bestanden sein				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät: Physik		

Modul: Theoretische Physik I					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Semester	Credits: 9	Aufwand: 270 h
Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Mechanik: Klassische Newton-Mechanik, D'Alembert'sches Prinzip, Hamilton-Lagrange Formalismus, nichtlineare dynamische Systeme: deterministisches Chaos, Kontinuumsmechanik (Elastizitätstheorie) und Fluiddynamik Elektrodynamik: Elektrostatik, Kontinuitätsgleichung, bewegte Ladungen, Magnetostatik, Induktion, Maxwellgleichungen, Feldenergie, Potentiale, Wellengleichung, retardierte Potentiale, Dipolstrahlung				
4	Literatur: Goldstein, Theoretische Mechanik (Wiley) Jackson, Classical Electrodynamics (Wiley)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der klassischen Theoretischen Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik in den Rahmen abstrakter Modelle einordnen und Zusammenhänge auf gehobenem mathematischen Niveau herstellen.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Mündliche oder schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Math. Vorkenntnisse, z.B. im Umfang der Höheren Mathematik I und II sind notwendig				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik			Zuständige Fakultät: Physik	

Modul: Theoretische Physik II (Quantenphysik)					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 4. Semester	Credits: 9	Aufwand: 270 h
Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Spezielle Relativitätstheorie: Michelson-Morley-Experiment, Relativitätsprinzip, Lorentztransformation und Konsequenzen daraus, Lorentzinvarianz der Maxwellgleichungen, Raum-Zeit-Kontinuum, relativistische Mechanik Grenzen der klassischen Physik: Strahlungsgesetze, Photoeffekt Experimente zur Quantenmechanik: Licht als Teilchen, Materiewellen, Doppelspaltversuch und Unschärfe, die „alte“ Quantentheorie: das Bohr'sche Atommodell Die Schrödingergleichung: Wellenpakete, Unschärferelation, Grundprinzipien der Quantenmechanik, Ehrenfest'scher Satz, eindimensionale Probleme: Kastenpotential, Potentialstufe, Tunneleffekt, Alpha-Zerfall, harmonischer Oszillator Mathematische Konzepte der Quantenmechanik: Operatoren, Eigenvektoren, Hilbertraum, Darstellungen; Drehimpuls: Bahndrehimpuls, Spin, „normaler“ Zeemaneffekt Das Wasserstoffatom Zeitunabhängige Störungstheorie Feinstruktur des Wasserstoffs und äußere Felder: Spin-Bahn Kopplung, Hyperfeinstruktur, anomaler Zeemaneffekt, Stark-Effekt Atome mit mehreren Elektronen: identische Teilchen, Pauli-Prinzip, Heliumatom, Periodensystem der Elemente, Atomaufbau				
4	Literatur: Gasiorowicz, Quantum Mechanics (Wiley)				
4	Kompetenzen: Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Quantenphysik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Mikrophysik in den Rahmen abstrakter Modelle einordnen und Zusammenhänge zu Vektor- und Funktionenräumen sowie anderen Konzepten der Mathematik herstellen.				

5	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche oder mündliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.	
6	Teilnahmevoraussetzungen: keine	
7	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang Medizinphysik	
8	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät: Physik

Modul: Medizinphysik I					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 4. Semester	Credits: 8	Aufwand: 240 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	5	3
	2	Übungen	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Medizin und Physik: Historische Entwicklung der Medizin. Physiker in der Medizin: Aufgaben und Ausbildungsangebote. Molekulare und energetische Grundlagen des Lebens Physik des Körpers: Grundbegriffe der Elastizitätslehre, Aufbau und Eigenschaften der Knochen, Funktionsweise von Muskeln und Gelenken. Blutkreislauf: Funktionsweise und Übersicht. Hydrodynamische Eigenschaften des Blutes: Viskosität, Reibung, laminare / turbulente Strömung. Akustik des Ohres: Aufbau und Funktionsweise, Schallimpedanz und Impedanzanpassung, Wellengleichung, Frequenzseparation im Innenohr. Optik des Auges; geometrische Optik, Abbildungsfehler, Empfindlichkeit und Auflösung. Wahrnehmung und Verarbeitung von optischen Signalen. Übersicht über verschiedene physik-basierte diagnostische Methoden				
4	Literatur: Bille, Schlegel (Hrsg.), Medizinische Physik (Springer)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden erhalten Einblick in die physikalischen Grundlagen des Lebens und der Medizin. Sie lernen, physikalische Modelle von biologischen und medizinischen Phänomenen zu erstellen, und entsprechende Beobachtungen in der Physiologie und Biophysik einzuordnen. Sie lernen wichtige Grundlagen für den Einsatz der Physik in der Medizin, wie z.B. die Wechselwirkung von mechanischen Kräften und elektromagnetischen Feldern mit menschlichem Gewebe. Sie können bestimmte Aspekte der Informationsübertragung im menschlichen Organismus mathematisch beschreiben				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen				

7	Teilnahmevoraussetzungen: Eines der Module Experimentalphysik I oder II muss bestanden sein. Eines der Module Höhere Mathematik I oder II muss ebenfalls bestanden sein	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik	
9	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät: Physik

Modul: Medizinphysik II					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Semester	Credits: 7	Aufwand: 210 h
1 Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	4	3
	2	Übungen	Ü	3	2
2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch					
3 Lehrinhalte: Röntgendiagnostik: Historische Entwicklung, Röntgenquellen, Arten und Eigenschaften von Röntgenstrahlung, Übersicht über die wichtigsten Detektortypen. Wechselwirkung von ionisierender Strahlung mit Wasser und Gewebe. Kontrast und Rauschen, Abbildungsqualität, Tomographie und dreidimensionale Bilderzeugung: Grundlagen und Rekonstruktion Diagnostische Methoden: Nukleardiagnostik: radioaktiver Zerfall, Eigenschaften und Herstellung von Radionukliden, Detektoren (Scintillatoren, Kollimatoren, Gamma-Kamera). Übersicht über die wichtigsten nukleardiagnostischen Verfahren (SPECT, PET): Einsatzmöglichkeiten und Eigenschaften, Art der Strahlung, Strahlenbelastung. Bildrekonstruktion und Auflösung. Ultraschall: piezoelektrische Wandler, Schallausbreitung, akustische Wellen, Auflösung, Artefakte. Erweiterte Ultraschallverfahren: Doppler-Ultraschall, zeitaufgelöste Messungen. Mechanische und thermische Wirkung von Ultraschall. Bildgebende Kernspinresonanz (MRI / MRT): Grundlagen: Zeeman-Effekt, Blochgleichungen, Relaxation, zeitaufgelöste Kernspinresonanz, Gradienten zur Ortsauflösung, Kontrast, Bildrekonstruktion, Anwendungsbeispiele. Bioelektrische Quellen: Entstehung von elektrischen und magnetischen Feldern im Organismus, medizinische Bedeutung, Detektion und Messtechniken Therapeutische Methoden: Laser in der Medizin: Funktionsweise eines Laser, Lasertypen, Eigenschaften von Laserlicht. Diagnostische Anwendungen: Fluoreszenz, Laserpinzetten. Therapeutische Anwendungen: Absorption und Streuung im Gewebe, Energiedesposition, Wärmeleitung, Photoionisation. Anwendungsbeispiele					
4 Literatur: Bille, Schlegel (Hrsg.), Medizinische Physik (Springer)					
5 Kompetenzen: Die Studierenden lernen, physikalische Modelle von biologischen und medizinischen Phänomenen zu erstellen, und entsprechende Beobachtungen einzuordnen. Sie lernen					

	wichtige Grundlagen für den Einsatz der Physik in der Medizin, wie z.B. die Wechselwirkung von elektromagnetischen Feldern und akustischen Wellen mit menschlichem Gewebe. Sie erhalten eine Übersicht über die Nutzung von unterschiedlichen physikalischen Phänomenen in der medizinischen Diagnostik und Therapie. Sie können aus physikalischen Messgrößen Bildinformation rekonstruieren und ihre Aussagekraft einschätzen. Sie lernen, wie Physiker diese Verfahren entwickeln und verbessern können	
6	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen	
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik	
9	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät: Physik

Modul: Struktur der Materie					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Semester	Credits: 8	Aufwand: 240 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	2	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Das Modul besteht aus zwei Teilen, die grundlegende Aspekte der Festkörperphysik sowie der Kern- und Elementarteilchenphysik abdecken. Teil A (Festkörperphysik): Kristalle, Strukturanalyse, Gitterschwingungen, thermische Eigenschaften, elektronische Bandstrukturen, freies Elektronengas, Materialklassen Isolatoren/Halbleiter/Metalle, Magnetismus, Supraleitung Teil B (Kern- und Elementarteilchenphysik): Zerfallsarten, Positronen, Paarvernichtung, PET. Tröpfchenmodell des Atomkerns. Wechselwirkung von Strahlung und Materie. Detektoren				
4	Literatur: Teil A (Festkörperphysik): Gross/Marx, Festkörperphysik (De Gruyter) Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenbourg Verlag) Teil B (Kern- und Elementarteilchenphysik): Povh, Rith, Scholz, Zetsche: Teilchen und Kerne (Springer) H. Krieger: Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes (Springer) H. Kolanoski, N. Wermes: Teilchendetektoren (Springer)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten der Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik einordnen und Zusammenhänge zwischen diesen herstellen.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik			Zuständige Fakultät: Physik	

Modul: Medizinische Strahlungsphysik I, Ringvorlesung Medizinphysik und Medizinphysikalisches Klinikpraktikum					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Semester	Credits: 8	Aufwand: 240 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
	2	Ringvorlesung	V	2	2
	3	Klinikpraktikum	P	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte:				
	Element 1: Atome und ionisierende Strahlung, Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie (Photonen, Elektronen, Neutronen, Protonen, Schwere Ionen), Strahlungsfelder und Strahlungsfeldgrößen (Teilchenfluenz, Energieflorenz), Begriffe und Größen der Dosimetrie (KERMA, Energie- u. Ionendosis, DFP, Oberflächendosis, Tiefendosis usw.), Dosisverteilungen, theoretische Dosismittlung und Sondenmethode, Strahlungsdetektoren für die Dosimetrie, Praktische klinische Dosimetrie, Anwendungen der Dosimetrie in der Medizin, Verfahren zur Berechnung der Dosisverteilungen im menschlichen Körper				
	Element 2 (Ringvorlesung): Umsetzung medizinphysikalischer Methoden in der klinischen Praxis. Beispiele aus verschiedenen Abteilungen: Operationsroboter in der Mund- und Kieferchirurgie, Messtechnik für die Intensivpflege, Bildverarbeitung in der Hautkrebstdiagnostik, Sonografie in der Gynäkologie, Nierensteinzertrümmerung mit Ultraschall, Audiologie, Technik von Cochlea-Implantaten, Bildgebung mit Röntgen und Magnetresonanz, Bestrahlung und Dosimetrie, Anästhesietechnik, Optische Messverfahren in der Augenheilkunde.				
	Element 3 (Klinikpraktikum): Anwendungen physikalischer Geräte und Verfahren in der Krankenversorgung. Gliederung eines Krankenhauses. Zusammenarbeit von medizinischem und nichtmedizinischem Personal. In einem Zeitraum von 2 Wochen sollen möglichst 5-8 verschiedene Bereiche einer Klinik durchlaufen werden, wobei die apparative / physikalische Thematik dominieren soll. Beispiele: Messtechnik in Anästhesie und Intensivmedizin, Ultraschall in Diagnostik und Therapie, Bildgebung mit Röntgen und Magnetresonanz, Bestrahlung und Dosimetrie, Audiologie, optische Messverfahren in der Augenheilkunde, OP-Roboter.				
4	Literatur: Skriptum zur Vorlesung				

5	Kompetenzen: Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten der Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Strahlungsphysik einordnen und Zusammenhänge zur medizinischen Anwendung herstellen. Außerdem erhalten sie einen Einblick in die medizinphysikalischen Anwendungen in den verschiedenen Abteilungen einer Klinik.	
6	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung	
7	Teilnahmevoraussetzungen: Zulassungsvoraussetzung für das Teilmodul „Medizinphysikalisches Klinikpraktikum“: 2 von 4 der folgenden Module müssen bestanden sein: Experimentalphysik I, II, Höhere Mathematik I, II	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik	
9	Modulbeauftragte/r: Dr. A. Block, Klinikum Dortmund	Zuständige Fakultät: Physik

Modul: Elektronik					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Semester	Credits: 8	Aufwand: 240 h
1 Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	5	3
	2	Übungen	Ü	3	2
2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch					
3 Lehrinhalte: Verhalten und Kennlinie einer Diode, Kleinsignalverhalten und Grenzdaten des Betriebs, Statisches und dynamisches Verhalten im Modell, Anwendungen mit speziellen Dioden; Kennlinien, Arbeitspunkt und Kleinsignalverhalten von Bipolartransistoren, Grundschaltungen mit Dioden und Bipolartransistoren, Kennlinien, Grenzdaten und Arbeitspunkt von Feldeffekttransistoren, Source-, Gate- und Drainschaltungen; Verstärker: Stromquellen, Stromspiegel, Differenzverstärker, Arbeitspunkt, Operationsverstärker, Prinzip der Gegenkopplung, typische Anwendungen von Operationsverstärkern; Kippschaltungen, Einsatz von Gattern, Komparatoren, Schmitt-Trigger, Digitaltechnik Grundlagen: logische Grundfunktionen, abgeleitete Grundfunktionen; Schaltnetze: Zahlendarstellung, Addierer. Anwendungen: Impedanzkonverter, Filter, Stromversorgungen, Messschaltungen, Sensorik					
4 Literatur: Tietze, Schenk, Halbleiterschaltungstechnik (Springer)Rohe, Elektronik für Physiker (Teubner)Hinsch, Elektronik – Ein Werkzeug für Naturwissenschaftler (Springer)Heinemann: PSPICE, Einführung in die Elektroniksimulation (Hanser)					
5 Kompetenzen Methodenkompetenzen - Verständnis der grundlegenden Eigenschaften elektrischer und elektronischer Bauelemente - Identifizierung und Charakterisierung typischer elektronischer Standard-Bausteine - Übersicht über verschiedene Methoden zur elektronischen Messaufnahme - Verständnis einfacherer Schaltungen aus aktiven Halbleiter-Bauelementen - Numerische Simulation und Dimensionierung elektronischer Schaltungen - Übertragung der theoretischen Kenntnisse auf reale Schaltungen Sozialkompetenzen - werden in den Übungen durch die Bildung von Zweiergruppen gefördert - Teamfähigkeit durch gemeinsame Erarbeitung von Lösungsstrategien					

	- Vermittlung und Darstellung eigener Lösungskonzepte - gemeinsame Realisierung von Schaltungen und Standardmessaufbauten	
6	Prüfungsformen und –leistungen Studienleistungen: Hausaufgaben und praktische Realisierung in den Übungen Schriftliche Modulabschlussprüfung (Klausur 3 h)	
7	Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus Experimentalphysik I-III, Grundpraktikum	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik	
9	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät: Physik

Modul: Experimentelle Übungen für den Studiengang Medizinphysik (Grundpraktikum)					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 2 Semester	Studienabschnitt: 3./4. Semester	Credits: 12	Aufwand: 360 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Einführungsvorlesung und	V	6	4
		Praktikum 3. Semester	P		
	2	Praktikum 4. Semester	P	6	4
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Grundlegende physikalische Experimente und Messmethoden. In der Vorlesung ‚Einführung in die Messtechnik‘ werden grundlegende Kenntnisse der Messtechnik und Datenanalyse gelernt. Anschließend werden die notwendigen praktischen Kenntnisse und Erfahrungen zum experimentellen Arbeiten, zur Messtechnik und zur Datenanalyse an grundlegenden Experimenten erarbeitet, wobei methodische Gesichtspunkte im Vordergrund stehen. Das Praktikum orientiert sich an den grundlegenden Standardversuchen der Experimentalphysik aus den Bereichen: Mechanik, Wärmelehre, Strömungslehre, Elektrizitätslehre, Schwingungen, Optik und speziellen Physik (z.B. Atomphysik, Radioaktivität). Die grundlegenden Versuche werden durch einfache Versuche ergänzt, die die Relevanz der physikalischen Arbeitstechniken in der Medizin verdeutlicht.				
4	Literatur: Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt, das neben den eigentlichen Versuchsanleitungen auch Hinweise zur Versuchsvorbereitung und Auswertung gibt. Eichler, Kronfeld, Sahm, Das Neue Physikalische Grundpraktikum (Springer) Geschke, Physikalisches Praktikum (Teubner) Kohlrausch, Praktische Physik 1-3 (Teubner) Walcher, Praktikum der Physik (Teubner)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden lernen physikalische Zusammenhänge zu verstehen und sind in der Lage, theoretische Konzepte im Experiment zu verifizieren. Sie haben erlernt grundlegende experimentelle Techniken und Messverfahren, sowie einfache Methoden der Datenanalyse und den Umgang mit Messunsicherheiten zu verstehen. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie lernen, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren.				

6	Prüfungsformen und –leistungen: Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle Prüfung: Eine mündliche Modulprüfung (30min) über beide Studienabschnitte am Ende von SS	
7	Teilnahmevoraussetzungen: Ein bestandenenes Experimentalphysik I oder Experimentalphysik II Modul UND ein bestandenenes HöMa I oder HöMa II Modul	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik	
9	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät: Physik

Modul: Experimentelle Übungen für den Studiengang Medizinphysik für Fortgeschrittene					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Semester	Credits: 6	Aufwand: 180 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Praktikum	P	6	4
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Physikalische Experimente und Messmethoden: Es werden die von den Studierenden erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten aus den „Experimentellen Übungen für Medizinphysik I + II“ vertieft und im Hinblick auf aktuelle Techniken erweitert. Neben weiterführenden Versuchen zur Elementarteilchen-, Kern-, Atom-, Festkörper- und Medizinphysik wird auch tiefer in die Forschungsrichtung des Fachbereichs eingeführt, wobei die Anwendungen in der Medizinphysik weiter in den Vordergrund treten. Die jeweiligen Versuchsanleitungen enthalten lediglich einen kurzen Abriss der theoretischen und experimentellen Grundlagen, so dass die erforderlichen Kenntnisse im Selbststudium erworben werden müssen und der Umgang mit (englischen) Fachzeitschriften gelernt wird.				
4	Literatur: Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt. Zusätzliche Literatur ist jedoch für das Verständnis erforderlich, u.a.: Bergmann, Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik 1-6 (Walter de Gruyter) Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer) Thorne, Litzen, Johansson, Spectrophysics (Springer)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Experimente eigenständig zu verstehen, durchzuführen, zu analysieren und den Sachverhalt wissenschaftlich darzustellen. Sie haben gelernt mit englischsprachlicher Literatur zu arbeiten, sowie aus verschiedenen Messtechniken bzw. Analysemethoden eine geeignete Methode auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren.				

6	Prüfungsformen und –leistungen: Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Prüfung: Abschlusskolloquium (30min)	
7	Teilnahmevoraussetzungen: Grundpraktikum	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik	
9	Modulbeauftragte/r: Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät: Physik

Modul: Bachelorarbeit				
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik				
Turnus: jedes Semester	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Semester	Credits: 10	Aufwand: 300 h
Modulstruktur: Betreute wissenschaftliche Arbeit				
Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch				
Lehrinhalte: Bearbeitung einer aktuellen wissenschaftlichen Problemstellung der experimentellen oder theoretischen Medizinphysik in einem internationalen Forschungsumfeld und unter Beachtung der Regeln Guter Wissenschaftlicher Praxis. Literatur: Monographien, Übersichtsartikel und Originalveröffentlichungen zur jeweiligen wissenschaftlichen Problemstellung.				
Literatur: Jeweilige fachspezifische Literatur				
Kompetenzen: Die Studierenden können sich in ein aktuelles wissenschaftliches Thema einarbeiten, ein Teilprojekt unter Anleitung bearbeiten, die Ergebnisse schriftlich dokumentieren, in einem Seminarvortrag darüber referieren und eine anschließende wissenschaftliche Diskussion darüber führen. Sie lernen so die Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens kennen und entwickeln neben der Fachkompetenz auch ihre Methodenkompetenz bei der Literaturrecherche, dem Medieneinsatz, der Umsetzung von Fachwissen und dem wissenschaftlichen Schreiben sowie ihre Präsentationstechniken und die Fähigkeit zur Diskussionsführung weiter. Durch die Teilnahme an einer Online-Unterweisung in Guter Wissenschaftlicher Praxis erhalten die Studierenden Einblick in die Themen Forschungsdatenmanagement, das Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten, die Autorenschaft, evtl. Interessenskonflikte, wissenschaftliche Kooperation und Aspekte wissenschaftlichen Fehlverhaltens.				
Prüfungsformen und -leistungen: Begutachtung der Bachelorarbeit hinsichtlich Inhalt und Form. Der Online-Kurs zu Guter Wissenschaftlicher Praxis wird mit einem unbenoteten Online-Quiz abgeschlossen.				
Teilnahmevoraussetzungen: Mindestens 135 erworbene Leistungspunkte im Bachelorstudiengang, darunter die Module Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-II, Höhere Mathematik I-III, Medizinphysik I und Experimentelle Übungen (Grundpraktikum)				

Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:

Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik

Modulbeauftragte/r:

Dekan/in Physik

Zuständige Fakultät:

Physik

Modul: Anatomie I					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1. Semester	Credits: 4	Aufwand: 120 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Anatomie des menschlichen Körpers	V	4	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Anatomie des Skelettes, der Muskulatur, des Brustkorbes, der Bauchhöhle und der Extremitäten. Wegen der Fülle des Stoffes ist umfangreiches häusliches Nacharbeiten unerlässlich				
4	Literatur: Lippert, Lehrbuch Anatomie (Urban & Fischer)				
5	Kompetenzen: Ziel ist es, das Grundverständnis der Anatomie in den Vorlesungen zu erarbeiten und einen entsprechenden Praxisbezug zu Krankheiten und Verletzungen herzustellen.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Die Inhalte der letzten Vorlesung werden zu Beginn der nächsten Vorlesung kurz nachgefragt. Am Ende der Veranstaltung findet eine benotete Modulprüfung (Multiple-Choice-Fragen, Freitextantworten oder Beschriftung von Bildern) statt.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Dr. Bodo Schönebeck Institut für Anatomie Ruhr-Universität Bochum		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum		

Modul: Biochemie I					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1. Semester	Credits: 3	Aufwand: 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Molekularbiologie, Biochemie	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Biomoleküle, Zelle, Genexpression, DNA-Replikation, Strukturproteine, Motorproteine Sauerstoffbindende Proteine, Enzyme, Membranen, Signaltransduktion				
4	Literatur: Zu jeder Vorlesung wird ein Skript verteilt Zur Vertiefung geeignet: Löffler, Basiswissen der Biochemie (Springer)				
5	Kompetenzen: Ziel der Veranstaltung ist es, Grundlagen für das Verständnis der Pharmakologie, Mikrobiologie, Virologie und Hygiene zu erarbeiten. Häufig vorkommende Krankheiten (z. B. Tumoren, Virusinfektionen) werden behandelt.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Die Inhalte der letzten Vorlesung werden zu Beginn der nächsten Vorlesung kurz nachgefragt. Am Ende der Veranstaltung findet eine benotete Modulprüfung (Multiple-Choice-Fragen, Freitextantworten, Beschriftung von Bildern) statt.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Albrecht Wegner		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum		

Modul: Biochemie II					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 2. Semester	Credits: 3	Aufwand: 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Biochemie des Stoffwechsels	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Stoffwechsel der Kohlenhydrate, Fettsäuren, Cholesterin, Aminosäuren, Purine, Pyrimidine, Porphyrine, Vitamine, Blutstillung, Einführung in die Immunabwehr				
4	Literatur: zu jeder Vorlesung wird ein Skript verteilt. Zur Vertiefung geeignet: Löffler, Basiswissen Biochemie (Springer)				
5	Kompetenzen: Ziel der Veranstaltung ist es, Grundlagen für das Verständnis der Pharmakologie, Mikrobiologie und der Klinischen Chemie zu erarbeiten. Außerdem werden wichtige Stoffwechselkrankheiten (Diabetes, Adipositas, Arteriosklerose, Gicht usw.) behandelt.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen Zu jeder Vorlesung werden Fragen verteilt, die dann in der nächsten Vorlesungsstunde besprochen werden.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Albrecht Wegner		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum		

Modul: Physiologie I					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1. Semester	Credits: 3	Aufwand: 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Physiologie I	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Zellfunktionen, Nerv, Muskel, Synapsen, Somatoviszzerale Sensibilität, vegetatives und motorisches Nervensystem, Herz, Kreislauf				
4	Literatur: Ein zusammenfassendes Skript wird zur Verfügung gestellt. Zur Vertiefung geeignet: Schmidt, Thews, Lang, Physiologie des Menschen (Springer)				
5	Kompetenzen: Ziel der Veranstaltung ist es, die Grundfunktionen von Nerven, Muskeln und Synapsen zu erarbeiten. Dabei werden insbesondere die Prozesse der Erregungsbildung- und -leitung sowie die Vorgänge bei der Muskelkontraktion besprochen. Im Teil Somatoviszzerale Sensibilität werden die Grundlagen der Aufnahme und Weiterleitung externer und interner Reize durch Sensoren vorgestellt. Darauf aufbauend werden die Funktionen des motorischen und des vegetativen Nervensystems sowie die Herz- und Kreislauffunktionen behandelt.				
6	Prüfungsformen und -leistungen: Benotete Modulprüfung (schriftlich oder mündlich) am Ende des Semesters.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Privatdozent Dr. Martin Hexamer		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum		

Modul: Physiologie II					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 2. Semester	Credits: 3	Aufwand: 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Physiologie II	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Atmung und Gastransport, Niere, Energiehaushalt, Arbeitsphysiologie, Temperaturphysiologie, Regulationsphysiologie, Sinnesorgane, Zentralnervensystem				
4	Kompetenzen: Ziel der Veranstaltung ist es, die Wirkungsweise komplexer physiologischer Funktionssysteme zu erarbeiten. Dabei soll die Wirkung physiologischer Regulationssysteme im Hinblick auf die Konstanzhaltung des physikalischen und chemischen Milieus verdeutlicht werden. Außerdem werden die wichtigsten Sinnessysteme und integrative Funktionen des Zentralnervensystems besprochen.				
5	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete Modulprüfung (schriftlich oder mündlich) am Ende des Semesters.				
6	Teilnahmevoraussetzungen: Die erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung Physiologie I ist zum Verständnis dieser Veranstaltung erforderlich.				
7	Literatur: Ein zusammenfassendes Skript wird zur Verfügung gestellt. Zur Vertiefung geeignet: Schmidt, Thews, Lang, Physiologie des Menschen (Springer)				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Privatdozent Dr. Martin Hexamer		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum		

Modul: Höhere Mathematik I					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1. Semester	Credits: 9	Aufwand: 270 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Dieses Modul vermittelt die grundlegenden mathematischen Begriffe der Analysis, Linearen Algebra und der Numerik. Die Vorlesung (Element 1) beginnt mit der Einführung der reellen und komplexen Zahlen. Es folgen aus der Analysis die Themen Folgen und Reihen sowie Stetigkeit, Differenzierbarkeit und Integration von Funktionen einer Veränderlichen. Im Teil für Lineare Algebra werden Vektorräume und Lineare Abbildungen, sowie Determinanten und Eigenwerte diskutiert. Parallel hierzu wird die numerische Umsetzung der erlernten Methoden behandelt. Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieurwissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben.				
4	Literatur: zur Vertiefung geeignet: Furlan, Das gelbe Rechenbuch (Furlan)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung: Klausur (90 min) Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen. Die Details werden durch den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Studiendekan Mathematik		Zuständige Fakultät: Mathematik		

Modul: Höhere Mathematik II					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 2. Semester	Credits: 9	Aufwand: 270 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Dieses Modul setzt das Modul Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI fort. Die Vorlesung (Element 1) besteht aus den Themenkomplexen 'eindimensionale Integralrechnung', 'mehrdimensionale Differentialrechnung', 'mehrdimensionale Integralrechnung' und 'Gewöhnliche Differentialgleichungen'. Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieurwissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben.				
4	Literatur: zur Vertiefung geeignet: Furlan, Das gelbe Rechenbuch (Furlan)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete Modulprüfung (Klausur). Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Solide Kenntnisse aus Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Studiendekan Mathematik		Zuständige Fakultät: Mathematik		

Modul: Höhere Mathematik III					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Semester	Credits: 9	Aufwand: 270 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Dieses Modul setzt das Modul Höhere Mathematik II für P/ET/IT/AI (Modul S-P200) fort. Die Vorlesung (Element 1) führt die Themenkomplexe der Höheren Mathematik II fort. Dann folgen die Themen 'Funktionentheorie', 'Fourieranalysis' und 'Integraltransformationen' sowie eine Einführung in die Partiellen Differentialgleichungen. Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieurwissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben.				
4	Literatur: zur Vertiefung geeignet: Furlan, Das gelbe Rechenbuch (Furlan)				
5	Kompetenzen Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen.				
6	Prüfungsformen und -leistungen Benotete Modulprüfung (Klausur). Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Solide Kenntnisse aus Höhere Mathematik I und II für P/ET/IT/AI				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r Studiendekan Mathematik		Zuständige Fakultät Mathematik		

Modul: Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler (Logistik+WI)					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1. Semester	Credits 7	Aufwand 210 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
	2	Übungen	Ü	1	1
	3	Praktikum	P	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Spezifikationen, Algorithmen, formale Sprachen, Grammatik Programmiersprachenkonzepte - Syntax und Semantik - imperative, objektorientierte, funktionale und logische Programmierung Grundlagen der Programmierung - imperative Programmierung - Verfeinerung, elementare Operationen, Sequenz, Selektion, Iteration, funktionale Algorithmen und Rekursion, Variablen und Wertzuweisungen, Prozeduren, Funktionen und Modularität - objektorientierte Programmierung Algorithmen und Datenstrukturen				
4	Literatur: Skripte der Fakultät				
5	Kompetenzen: Studierende sollen nach erfolgreichem Abschluss der Veranstaltung Kenntnisse und Konzepte der prozeduralen und objektorientierten Programmierung besitzen. Sie sollen diese auf konkrete Aufgabenstellungen übertragen und geeignete Lösungen konzipieren und implementieren können.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Studiendekan Informatik		Zuständige Fakultät: Informatik		

Zum Wahlbereich des Studiengangs

Medizinphysik (B.Sc.)

Fakultät Physik

Vorbemerkungen

Im Wahlbereich soll den Studierenden des Bachelor-Studiengangs Medizinphysik weitgehende Freiheit bei der Wahl und der Kombination der Module gelassen werden, um sowohl eine tiefergehende Spezialisierung in Medizin / Medizinphysik als auch eine Schwerpunktsetzung im Bereich der (nicht-medizinischen) Physik zu ermöglichen, etwa wenn ein Masterstudium in Physik angestrebt wird.

Auch eine Ergänzung durch sinnvolle Fächer außerhalb von Physik und Medizin sollte möglich sein; gedacht ist hier etwa an Ingenieurwissenschaften, Informatik, Biologie, Recht und Wirtschaft. Zu all diesen Bereichen gibt es an der TU Dortmund und den anderen Mitgliedshochschulen der UAR (Universitätsallianz Ruhr) ein so reichhaltiges Angebot, dass eine detaillierte Aufzählung hier den Rahmen sprengen würde.

Im Folgenden finden sich die Beschreibungen von Wahlmodulen aus dem Bereich Medizin. Außerdem sind Module aus den Studiengängen B.Sc./M.Sc. Physik/M.Sc. Medizinphysik angeführt, die als Wahlmodule in höheren Semestern einsetzbar sind.

Module aus dem Bereich Medizin

Anatomie II	(Wahl, 4 LP)
Arbeitsmedizin	(Wahl, 2 LP)
Humangenetik	(Wahl, 5 LP)
Hygiene und Umweltmedizin	(Wahl, 2 LP)
Klinische Chemie	(Wahl, 3 LP)
Klinische Propädeutik	(Wahl, 3 LP)
Mikrobiologie	(Wahl, 2 LP)
Pathologie	(Wahl, 5 LP)
Pharmakologie	(Wahl, 3 LP)

Module aus dem Bereich Physik

Grundbegriffe der Physik	(Wahl, 5 bzw. 6 LP)
Instrumente der modernen Physik	(Wahl, 5 LP)
Die Physik und Technik bei Star Trek	(Wahl, 3 LP)
Physik des Segelns	(Wahl, 3 LP)
Statistische Methoden der Datenanalyse (SMD A)	(Wahl, 5 LP)
Statistische Methoden der Datenanalyse (SMD B)	(Wahl, 5 LP)
Physik und Technik der Verifikation von Rüstungsbegrenzungsverträgen	(Wahl, 3 LP)
Laserphysik	(Wahl, 3 bzw. 5 LP)
Kernenergie und andere Energiefragen	(Wahl, 3 LP)
Teilchenphysik I	(Wahl, 3 LP)
Vorlesung Magnetismus	(Wahl, 6 LP)
Seminar Magnetismus	(Wahl, 3 LP)
Materials for Nanoelectronics and High-Speed Quantum Electronic Devices	(Wahl, 5 LP)
Thermodynamik und Statistik	(Wahl, 9 LP)
Physik und Philosophie der Zeit	(Wahl, 3 LP)
Gruppentheorie in der Festkörperphysik	(Wahl, 6 LP)
Magnetische Resonanz	(Wahl, 5 LP)
Physik und Technologie von Halbleiter-Nanostrukturen	(Wahl, 3 LP)
Fortgeschrittene nichtlineare spektroskopische Methoden in der Festkörperphysik	(Wahl, 3 LP)
Angewandte Dosimetrie	(Wahl, 3 LP)
Methoden der klinischen Forschung	(Wahl, 5 LP)
Höhere Quantenmechanik	(Wahl, 6 LP)

Computational Physics	(Wahl, 9 LP)
Allgemeine Relativitätstheorie	(Wahl, 6 LP)
Advanced Solid State Physics I	(Wahl, 6 LP)
Beschleunigerphysik I	(Wahl, 6 LP)
Meßmethoden in der Oberflächenphysik	(Wahl, 6 LP)
Beschleunigerphysik und Synchrotronstrahlung:	
Anwendungen in der Festkörperphysik	(Wahl, 3 LP)
Atomar aufgelöste Oberflächen- und Grenzflächenanalyse	(Wahl, 3 LP)
Festkörperspektroskopie	(Wahl, 3 LP)
Laser- Arten und Anwendungen	(Wahl, 3 LP)
Neutrino- und Gammaastronomie	(Wahl, 3 LP)
Moderne Optik	(Wahl, 3 LP)
Physikalisch-Chemische Analytik	
Angewandte Spektrometrie	(Wahl, 3 bzw. 5 LP)
Angewandte Plasmaphysik	(Wahl, 3 bzw. 5 LP)
Angewandte Laserspektrometrie	(Wahl, 3 bzw. 5 LP)
Angewandte Physik in der klinischen Medizin	(Wahl, 3 LP)
Astroteilchenphysik	(Wahl, 6 LP)
Strukturanalyse mit Röntgenstrahlung	(Wahl, 5 LP)
Laser in der Medizintechnik	(Wahl, 3 LP)
Strahlentherapie und Dosimetrie	(Wahl, 6 LP)
Ethik der Naturwissenschaften	(Wahl, 3 CP)
Introduction to Optical Properties of Solids	(Wahl, 3 CP)
Maschinelles Lernen für Physiker*innen	(Wahl, 4 CP)
Anwendungen des Maschinellen Lernens in der Medizinphysik	(Wahl, 3 CP)
Einführung in die Festkörperphysik (PHY521)	(Wahl, 9 CP)
Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik (PHY 522)	(Wahl, 9 CP)
Literaturseminar Ultrakurzzeitphysik (PHY5214)	(Wahl, 3 CP)
Halbleiterphysik (PHY6213)	(Wahl, 5 CP)
Seminar Photovoltaik (PHY5216)	(Wahl, 3 CP)
Streuethoden in der Festkörperphysik (PHY5217)	(Wahl, 5 CP)
Physik des Lebens (BP12)	(Wahl, 6 CP)
Seminar: Introduction to particle accelerator physics (PHY422)	(Wahl, 3 CP)
Seminar: Präsentationstechniken	(Wahl, 3 CP)
Grundlagen wissenschaftlicher Datenverarbeitung am Computer (PHY212)	(Wahl, 3 CP)
Grundlagen der Detektorphysik (PHY825)	(Wahl, 3 CP)

Modul: Anatomie II					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 2. Semester	Credits: 4	Aufwand: 120 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Neuroanatomie	V	4	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Anatomie des zentralen und peripheren Nervensystems einschließlich der Gefäßversorgung und Liquorräume, Sinnesorgane Haut, Auge, Ohr. An drei Terminen finden praktische Übungen und Demonstrationen am Mikroskop und anatomischen Präparat statt.				
4	Literatur: Trepel, Neuroanatomie - Struktur und Funktion (Urban und Fischer)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sollen die anatomischen Strukturen des Nervensystems und der Sinnesorgane erkennen und deren Funktionen benennen können.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Zu jeder Vorlesung werden online im Blackboard Multiple-Choice-Fragen angeboten, die wöchentlich besprochen werden. Zum Ende des Semesters praktische Prüfung am Präparat oder Modell und eine benotete schriftliche Modulprüfung (Multiple-Choice-Fragen kombiniert mit Freitextantworten und Beschriftung von Bildern)				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine Der vorherige Besuch der Veranstaltung Anatomie I ist nicht erforderlich.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Pedro M. Faustmann Institut für Anatomie		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum		

Modul: Arbeitsmedizin					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: z.B. 6. Semester	Credits: 2	Aufwand: 60 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Arbeitsmedizin	V	2	1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Erkrankungen, die durch Einflüsse am Arbeitsplatz ausgelöst werden einschließlich der ursächlichen Faktoren. Zudem werden die Studierenden mit Maßnahmen zur Prävention dieser Erkrankungen vertraut gemacht.				
4	Literatur: wird jeweils zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben, und kann unter http://www.ifado.de/lehre_nachwuchs/arbeitsmedizin/index.html erhalten werden.				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sollen Erkrankungen, die am Arbeitsplatz ausgelöst werden können, deren Ursachen und Maßnahmen zur Prävention benennen können.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Klaus Golka		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum; Institut für Arbeitsphysiologie, TU Dortmund		

Modul: Humangenetik					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS oder SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: z.B. 4. Semester	Credits: 5	Aufwand: 150 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Humangenetik	V	5	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Theoretische (und klinische) Grundlagen der Humangenetik einschließlich Patienten-/Klientenvorstellung anhand einschlägiger Krankheitsbilder mit monogen bedingten (autosomal dominanten, rezessiven, X-chromosomalen) Erbgängen incl. multifaktoriell bedingter Volkskrankheiten. Wegen der Fülle des Stoffes ist umfangreiches häusliches Nacharbeiten unerlässlich.				
4	Literatur: siehe Hinweise zu Beginn der Vorlesung Außerdem zur Vertiefung geeignet: Schaaf, Zschocke, Basiswissen Humangenetik (Springer); Hennig, Graw, Genetik (Springer)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sollen die Grundzüge der (humangenetischen Beratungspraxis bei) Modellerkrankungen kennen sowie benennen können.				
6	Prüfungsformen und -leistungen: Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Jörg T. Epplen		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum Abteilung Humangenetik		

Modul: Hygiene und Umweltmedizin					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: z.B. 5. Semester	Credits: 2	Aufwand: 60 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Hygiene und Umweltmedizin	V	2	1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Biologische, chemische und physikalische Faktoren in der Umwelt, deren gesundheitlichen Auswirkungen auf den Menschen und Präventionsmaßnahmen. Hygieneaspekte in Krankenhäusern. • Umwelthygiene und Umweltmedizin (Luft, Wasser, Lebensmittel, Innenraum, Beurteilungsmaßstäbe, Bedeutung des humanen Biomonitorings) • Krankenhaushygiene • Impfen/Reisemedizin				
4	Literatur: Anmeldung zum Moodle-Kurs per E-Mail an lehre-hygiene@rub.de. Weitere Informationen über https://www.ruhr-uni-bochum.de/umweltmedizin/lehre/nawi.html.de . Zur Vertiefung geeignet: Fiedler, Wilhelm: Hygiene / Präventivmedizin / Umweltmedizin systematisch (Uni-Med-Verlag).				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sollen biologische, chemische und physikalische Faktoren in der Umwelt benennen und deren gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen erlernen und präventive Maßnahmen zur Minimierung schädlicher Einflüsse der Umwelt auf den Menschen darlegen können. Grundlagen der infektiologischen Risiken im Krankenhaus und krankenhaushygienischen Schutzmaßnahmen sollen erlernt werden.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: • Schriftliche Prüfung (multiple choice), 30 Fragen/45 Minuten • Benotete Modulprüfung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				

9	Modulbeauftragte/r: PD Dr. med. Jürgen Hölzer	Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum, Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin
---	---	---

Modul: Klinische Chemie					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: z.B. 6.. Semester	Credits: 3	Aufwand: 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Klinische Chemie	V	3	1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Hämatologie, Gerinnung, Enzyme, Kohlenhydrate, Fettstoffwechsel, Tumormarker, Urindiagnostik, Einflussgrößen/Störfaktoren, Proteine, Hormone, Qualitätskontrolle				
4	Literatur: Vorlesungsfolien werden online zur Verfügung gestellt; außerdem zur Vertiefung geeignet: Dörner, Klinische Chemie und Hämatologie (Thieme); Medizinische Chemie. Targets, Arzneistoffe, Chemische Biologie (Deutscher Apotheker Verlag - 2. Auflage)				
5	Kompetenzen: Überblick über die klinisch-chemischen Möglichkeiten, häufige Stoffwechselerkrankungen sowie organbezogene Erkrankungen zu diagnostizieren.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen Nachweis, die klinisch-chemischen Vorlesungsfolien im Internet parallel zu der Vorlesung vertiefend bearbeitet zu haben.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Dr. Hugo Stiegler		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum		

Modul: Klinische Propädeutik					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: z.B. 6. Semester	Credits: 3	Aufwand: 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Klinische Propädeutik	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Allgemeine Krankheitslehre Ausgesuchte Krankheitsbilder der Inneren Medizin und der Chirurgie Struktur der Gesundheitsversorgung in Deutschland				
4	Kompetenzen: Kenntnisse in - allgemeiner Krankheitslehre - Grundlagen häufiger Erkrankungen - Ursachen von Erkrankungen - diagnostischen Maßnahmen - Therapiemöglichkeiten				
5	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete Modulprüfung. Die Anforderungen zum Erwerb der Leistungspunkte werden zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. Zum Beispiel: Erfolgreiche Bearbeitung schriftlicher Aufgaben im multiple-choice-Verfahren.				
6	Teilnahmevoraussetzungen: Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.				
7	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
8	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Hans-Wilhelm Wiechmann		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum; St. Barbara Klinik Hamm-Hessen, Innere Medizin		

Modul: Mikrobiologie					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: z.B. 6. Semester	Credits: 2	Aufwand: 60 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Mikrobiologie	V	2	1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Physiologie von Mikroorganismen, Bedeutung für die Medizin, diagnostische Verfahren der medizinischen Mikrobiologie, Besprechung ausgewählter Infektionskrankheiten, deren Therapie und Prophylaxe				
4	Literatur: Zur Vertiefung geeignet: Hahn, Kaufmann, Schulz, Suerbaum: Mikrobiologie und Infektiologie (Springer) Groß, Kurzlehrbuch Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie (Thieme)				
5	Kompetenzen: Ziel ist, das grundlegende Verständnis für Pathogenese, Diagnostik und Therapie von Infektionskrankheiten zu vermitteln.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete schriftliche Modulprüfung mit MC-Fragen Semesterbegleitend werden Fragen ausgeteilt, die die Studierenden schriftlich beantworten.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. S. Gattermann		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum		

Modul: Pathologie					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: z.B. 5. Semester	Credits: 5	Aufwand: 150 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Pathologie	V+Ü	5	3
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Allgemeine Pathologie, Spezielle Pathologie und Zytopathologie. Makroskopische und mikroskopische (histologische und zytologische) Übungen				
4	Literatur: Riede, Allgemeine und spezielle Pathologie (Thieme)				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sollen die theoretischen Grundlagen der allgemeinen Pathologie und der wichtigsten Organpathologie beherrschen. Sie sollen auch die makroskopischen, histologischen und zytologischen Veränderungen wiedererkennen können.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete Modulprüfung. Abschlussklausur (multiple choice) und mündliche Prüfungen am makroskopischen, histologischen und zytologischen Material (Mikroskopie) am Ende des Semesters. Voraussetzung für die Teilnahme an der Abschlussklausur und Prüfung (makroskopisch und mikroskopisch) ist die Teilnahme an den Vorlesungen (Anwesenheitspflicht).				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Josune Guzman y Rotaeché		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum Pathologie		

Modul: Pharmakologie					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: z.B. 6. Semester	Credits: 3	Aufwand: 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Pharmakologie	V	3	1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Pharmakodynamik und -Kinetik, Herz-Kreislauf, ZNS-wirksame Pharmaka, Analgetika, Blutgerinnung, Toxikologie				
4	Literatur: Aktories et al., Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie Range, Dale, Ritter, Pharmacology Lüllmann, Mohr, Taschenatlas der Pharmakologie				
5	Kompetenzen: Die Studierenden sollen pharmakologische Prinzipien kennen und wichtige Pharmaka benennen können.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Benotete schriftliche Prüfung mit MC-Fragen Erfolgreiche Bearbeitung mündlicher und schriftlicher Aufgaben zu Themenkomplexen im Laufe der Vorlesung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Die Lehrveranstaltungen der Anatomie, Biochemie und Physiologie sollten möglichst zuvor besucht werden.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Doris Koesling		Zuständige Fakultät: Medizinische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum Institut für Pharmakologie und Toxikologie		

Modul: Grundbegriffe der Physik (PHY412a)					
Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc., B.Ed. M.Ed.), Medizinphysik (B.Sc.)					
Turnus: regelmäßig im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 4. - 6. Sem. (B.Sc) 2. - 4. Sem (M.Sc)	Credits 6	Aufwand 180 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	6	3
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie: Antike Astronomie, Symmetrien, Atomismus und Elementenlehre in der Antike, das aristotelische Weltbild, Mittelalterliche Aristoteles-Kritik, Astronomie bis Kopernikus, Galilei, Kepler und die kopernikanische Revolution, die Begründung der experimentellen Methode, Physik zwischen Technik und Metaphysik (Francis Bacon; Descartes), Newtons Optik: Experimentelle Phänomene und ihre Ursachen, Newtons Principia: Masse, Kraft und Gravitation; „Regeln des Philosophierens“, Raum und Zeit, Leibniz-Clarke-Debatte, die „lebendige Kraft“, Energiebegriff, Energieerhaltung, Elektromagnetismus, Feldbegriff (Oerstedt, Faraday, Maxwell), Relativitätstheorie (Einstein) . Teil II: Von der probabilistischen Revolution zur Quantentheorie: Laplace: Determinismus und Wahrscheinlichkeit. Probabilistische Revolution, Energie-Erhaltungssatz; Entropiebegriff und 2.Hauptsatz der Thermodynamik, Kinetische Theorie der Wärme, Maxwell und Boltzmann, Entropiesatz, Strahlungstheorie und Plancks „Akt der Verzweiflung“, Einsteins Lichtquantenhypothese, Rutherford-Streuung und Bohrsches Atommodell, Quantenmechanik von 1925/26: Heisenberg, Schrödinger, Born; Heisenbergs Unschärferelation und Bohrs „Kopenhagener“ Deutung; Bohr-Einstein-Debatte, EPR-Gedankenexperiment, Schrödingers Katze, Bohrs verborgene Parameter und Everetts „Viele Welten“, Dekohärenz, Quantenmechanik und Thermodynamik, Welle-Teilchen-Dualismus. Einführende Literatur: Koestler, Die Nachtwandler; Hund, Geschichte der physikalischen Begriffe; Laue, Geschichte der Physik; Mason Geschichte der Naturwissenschaft; Lasswitz, Geschichte der Atomistik; Lange, Geschichte des Materialismus; Hunger, Von Demokrit bis Heisenberg; Sambursky, Der Weg der Physik; Scheibe, Die Philosophie der Physiker; Weitere Angaben in der Vorlesung				
4	Kompetenzen Die Studierenden erkennen die historischen Bedingungen, unter denen unser gegenwärtiges physikalisches Weltbild entstanden ist. Die Entstehung der Grundbegriffe, in denen das physikalische Weltbild formuliert wird (Raum, Zeit, Materie, Kausalität, Felder, Wahrscheinlichkeit, Quanten u.a.) wird erlernt. Im interdisziplinären Grenzbereich zwischen der Physik und der Philosophie (Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie) wird an diesem historischen Kontext gezeigt, wie physikalische Forschung begründet werden kann sowie wie physikalische Theorien aufgestellt und überprüft werden. Für einen etwaigen späteren Unterricht der Studierenden an Schulen oder Universitäten werden pädagogische Aspekte und Konnotationen vermittelt. Ziel der Veranstaltung ist, einen kompetenten und kritischen Umgang mit der Forschungsbegründung und –entwicklung zu vermitteln.				
5	Prüfungen Studienleistung: Schriftliche Arbeit. Benotete mündliche Modulprüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				

8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder im Masterstudiengang Physik, Vertiefung Lehramt, Bachelorstudiengang Medizinphysik	
9	Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode	Zuständige Fakultät Physik

Modul: Grundbegriffe der Physik (PHY412b)					
Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.), Medizinphysik (B.Sc.)					
Turnus: regelmäßig im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 4. - 6. Sem. (B.Sc) 2. - 4. Sem (M.Sc)	Credits 5	Aufwand 150 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	5	3
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte <u>Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie:</u> Antike Astronomie, Symmetrien, Atomismus und Elementenlehre in der Antike, das aristotelische Weltbild, Mittelalterliche Aristoteles-Kritik, Astronomie bis Kopernikus, Galilei, Kepler und die kopernikanische Revolution, die Begründung der experimentellen Methode, Physik zwischen Technik und Metaphysik (Francis Bacon; Descartes), Newtons Optik: Experimentelle Phänomene und ihre Ursachen, Newtons Principia: Masse, Kraft und Gravitation; „Regeln des Philosophierens“, Raum und Zeit, Leibniz-Clarke-Debatte, die „lebendige Kraft“, Energiebegriff, Energieerhaltung, Elektromagnetismus, Feldbegriff (Oerstedt, Faraday, Maxwell), Relativitätstheorie (Einstein) . <u>Teil II: Von der probabilistischen Revolution zur Quantentheorie:</u> Laplace: Determinismus und Wahrscheinlichkeit. Probabilistische Revolution, Energie-Erhaltungssatz; Entropiebegriff und 2.Hauptsatz der Thermodynamik, Kinetische Theorie der Wärme, Maxwell und Boltzmann, Entropiesatz, Strahlungstheorie und Plancks „Akt der Verzweiflung“, Einsteins Lichtquantenhypothese, Rutherford-Streuung und Bohrsches Atommodell, Quantenmechanik von 1925/26: Heisenberg, Schrödinger, Born; Heisenbergs Unschärferelation und Bohrs „Kopenhagener“ Deutung; Bohr-Einstein-Debatte, EPR-Gedankenexperiment, Schrödingers Katze, Bohrs verborgene Parameter und Everetts „Viele Welten“, Dekohärenz, Quantenmechanik und Thermodynamik, Welle-Teilchen-Dualismus. <u>Einführende Literatur:</u> Koestler, Die Nachtwandler; Hund, Geschichte der physikalischen Begriffe; Laue, Geschichte der Physik; Mason Geschichte der Naturwissenschaft; Lasswitz, Geschichte der Atomistik; Lange, Geschichte des Materialismus; Hunger, Von Demokrit bis Heisenberg; Sambursky, Der Weg der Physik; Scheibe, Die Philosophie der Physiker; Weitere Angaben in der Vorlesung				
4	Kompetenzen Die Studierenden erkennen die historischen Bedingungen, unter denen unser gegenwärtiges physikalisches Weltbild entstanden ist. Die Entstehung der Grundbegriffe, in denen das physikalische Weltbild formuliert wird (Raum, Zeit, Materie, Kausalität, Felder, Wahrscheinlichkeit, Quanten u.a.) wird erlernt. Im interdisziplinären Grenzbereich zwischen der Physik und der Philosophie (Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie) wird an diesem historischen Kontext gezeigt, wie physikalische Forschung begründet werden kann sowie wie physikalische Theorien aufgestellt und überprüft werden. Für einen etwaigen späteren Unterricht der Studierenden an Schulen oder Universitäten werden pädagogische Aspekte und Konnotationen vermittelt. Ziel der Veranstaltung ist, einen kompetenten und kritischen Umgang mit der Forschungsbegründung und –entwicklung zu vermitteln.				
5	Prüfungen: Benotete mündliche Modulprüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls: Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik/Medizinphysik oder im Masterstudiengang Physik				
9	Modulbeauftragte/r: Prof. W. Rhode		Zuständige Fakultät: Physik		

Modul: Instrumente der modernen Physik (PHY421)					
Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc., M.Sc.)					
Turnus: nach Bedarf		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 4. oder 5. Semester B.Sc.	Credits 5	Aufwand 150 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Instrumente der modernen Physik	V + Ü	5	3
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte				
	Einleitung: Wiederholung der Elektrodynamik und speziellen Relativitätstheorie, Licht- und Teilchenoptik, Signalverarbeitung, Einführung in das Programmieren (für einige Übungsaufgaben).				
	Quellen elektromagnetischer Strahlung: Schwarzer Körper, Entladungslampen, Lasersysteme, Röntgenröhren, Synchrotronstrahlungsquellen, Freie-Elektronen-Laser, optische Laborausrüstung.				
	Quellen von Teilchenstrahlung: Kosmische Strahlung, radioaktive Präparate, Beschleuniger und Speicherringe.				
	Teilchendetektoren: Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Ionisationskammern, Halbleiterdetektoren, Photomultiplier, Szintillatoren, Cherenkow-Effekt und Übergangsstrahlung.				
4	Beispiele für Detektionstechniken und Anwendungen: Detektoren in der Teilchen- und Astroteilchenphysik, Gravitationswellendetektoren, Rastersondenmikroskope, Bildgebung in der Medizinphysik.				
	Sonstige Instrumente: Elektrische Messinstrumente, Atomuhren, supraleitende Magnete, Vakuumtechnik, ...				
	Kompetenzen Die Studierenden erhalten einen Überblick über Instrumente und experimentelle Techniken, die Ihnen während des Studiums sowie in der beruflichen Praxis in einem physikalischen Labor begegnen können. Der Schwerpunkt liegt auf Strahlungsquellen und Detektoren, aber auch andere Instrumente sowie die digitale Verarbeitung elektrischer Signale werden angesprochen. Die Übungsaufgaben beinhalten Verständnisfragen, einfache Rechnungen und Simulationen mit einer Skriptsprache (Matlab oder Python). Programmierkenntnisse sind keine Voraussetzung, sondern werden im Rahmen der Übungen durch die praktische Anwendung auf physikalische Fragestellungen erlernt.				
5	Prüfungen Benotete mündliche Modulprüfung (30 min). Studienleistung als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben. Details werden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.				
6	Prüfungsformen und -leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse in Optik, klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlbereich im Bachelorstudiengang				
9	Modulbeauftragte/r Prof. Shaukat Khan		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar: Die Physik und Technik bei Star Trek (PHY513)				
B.Sc.-Studiengang: Physik, Medizinphysik; M.Sc. Studiengang: Physik; Medizinphysik				
Turnus: jährlich im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Sem. B.Sc.	Credits 3	Aufwand 90 h
1 Modulstruktur	2 SWS Seminar. Selbststudium und eigene Vorträge. Das Seminar besteht aus Präsentationen der Studierenden zum Thema Physik und Star Trek			
2 Lehrveranstaltungssprache:	Deutsch			
3 Lehrinhalte	Die Physik und Technik der Fernsehserie „Star Trek“ wird analysiert und mit der Realität verglichen. Dabei geht es einerseits um konkrete technische Entwicklungen wie etwa bei der Speichertechnologie und andererseits um physikalische Fragestellungen wie z.B. bei der Antriebstechnologie aus dem Bereich der Relativitätstheorie.			
4 Kompetenzen	Die Studierenden lernen die verschiedensten Gebiete der Physik wie etwa die Festkörperphysik, Teilchenphysik, Relativitätstheorie, Quantentheorie anhand des Themas „Star Trek“ kennen. In diesem Seminar werden aber auch ganz gezielt Präsentationstechniken erlernt, um die Vermittlungskompetenz der Studierenden zu stärken.			
5 Prüfungen	Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30min + Diskussion)			
6 Prüfungsformen und –leistungen	☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung			
7 Teilnahmevoraussetzungen	keine			
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in den Bachelor- und Masterstudiengängen Physik und Medizinphysik			
9 Modulbeauftragter Capt. Tolan	Zuständige Fakultät Physik			

Modul: Seminar: Physik des Segelns (PHY515)				
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)				
Turnus: jährlich im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur 2 SWS Seminar. Selbststudium und eigene Vorträge. Das Seminar besteht aus Präsentationen der Studierenden zu Themen aus dem Bereich Physik des Segelns.			
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch			
3	Lehrinhalte: Experimentelle Methoden und theoretische Konzepte aus der Physik werden auf Themen rund um das Segeln, d.h. die Fortbewegung von Wasserfahrzeugen mit Windenergie, angewandt. Diese beinhalten u.a.: - Mechanik des Riggs - Aerodynamik - Stabilität von Yachten - Wetter- und Windsysteme - Wellen - Astronomische Navigation - Navigation der Polynesier - GPS - Funk - Radar - Regattasegeln - Seekrankheit			
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen, wie die verschiedensten experimentellen Methoden und theoretische Konzepte der Physik in einem spezifischen, angewandten Problemkreis zum Einsatz kommen und sich ergänzen. Daneben eignen sich die Studierenden auch Präsentationstechniken zur Wissensvermittlung und Diskussionstechniken an.			
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag			
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung			
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse der Physik I bis IV.			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Bachelor- und Masterstudiengängen Physik und Medizinphysik			
9	Modulbeauftragte/r Prof. S. Khan, Prof. H. Päs		Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Statistische Methoden der Datenanalyse / SMD A (PHY523a)				
Studiengang: Physik (B.Sc.,M.Sc.)				
Turnus: regelmäßig im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 4. Sem. (B.Sc.)	Credits 5	Aufwand 150 h

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	SMD A: Vorlesung mit Übung (im SS)	V+Ü	5	2 + 1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch				
3	Lehrinhalte SMD A: Von Rohdaten zu einer Signal-Untergrund-Trennung: Numerische Methoden der Datenverarbeitung, Datenbehandlung und Programmierung, Algorithmen und Datenstrukturen, Methoden der linearen Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, ein- und mehrdimensionale Verteilungen, Zufallszahlen und Monte Carlo Methoden, Data-Mining Methoden: Diskriminanzanalyse, Hauptkomponentenanalyse, Feature Selection, Überwachtes Lernen (kNN, Decision Trees, Random Forests), MRMR, Unüberwachtes Lernen (Ensemble Lerner), Convolutional Neural Nets und andere.				
4	Kompetenzen Daten werden heute in der Regel auf elektronischem Weg erhoben. Die Studierenden erlernen orientiert an der zeitlichen Abfolge einer Datenanalyse den geeigneten Umgang mit statistischen Methoden zur Analyse von moderaten bis zu sehr großen Datenmengen. Die Übungsaufgaben werden unter Einbeziehung von gängiger Software (auch) am Computer gelöst. In der Veranstaltung wird praktische Kompetenz in der Datenanalyse für die Erstellung von Abschlussarbeiten und die spätere Berufsausübung erworben.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Übungen von SMD A Modulprüfung: schriftlich oder mündlich. Die Prüfungsform wird zu Anfang des Semesters bekanntgegeben.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: schriftlich oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Günstig: Programmierkenntnisse in einer geeigneten Sprache, z.B. Python; Empfohlen: Teilnahme an dem Toolbox-Workshop Die Veranstaltung SMD A soll vor der Veranstaltung SMD B gehört werden.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik				
9	Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Statistische Methoden der Datenanalyse / SMD B (PHY523b)				
Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc.)				
Turnus: regelmäßig im WS	Dauer: 2 Semester	Studienabschnitt: 5. Sem. (B.Sc)	Credits 5	Aufwand 150 h

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	2	SMD B: Vorlesung mit Übung (im WS)	V+Ü	5	2 + 1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch				
3	Lehrinhalte SMD B: Von Meßdaten zu physikalischen Meßpunkten und Aussagen. Parameterschätzung, Optimierungsprobleme, Methode der kleinsten Quadrate, Maximum Likelihood-Methode, numerische Fitverfahren, Goodness-of-Fit, Regularisierung, Konfidenzintervalle und Hypothesentests, Parametrisierung von Daten, Bayes'sche Verfahren, Verfahren zur Lösung inverser Probleme und deren Evaluation, Validierungstechniken, Behandlung systematischer Fehler, Akzeptanzberechnung.				
4	Kompetenzen Daten werden heute in der Regel auf elektronischem Weg erhoben. Die Studierenden erlernen orientiert an der zeitlichen Abfolge einer Datenanalyse den geeigneten Umgang mit statistischen Methoden zur Analyse von moderaten bis zu sehr großen Datenmengen. Die Übungsaufgaben werden unter Einbeziehung von gängiger Software (auch) am Computer gelöst. In der Veranstaltung wird praktische Kompetenz in der Datenanalyse für die Erstellung von Abschlussarbeiten und die spätere Berufsausübung erworben.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Übungen von SMD B Modulprüfung: schriftlich oder mündlich. Die Prüfungsform wird zu Anfang des Semesters bekanntgegeben.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: schriftlich oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Günstig: Programmierkenntnisse in einer geeigneten Sprache, z.B. Python; Empfohlen: Teilnahme an dem Toolbox-Workshop Die Veranstaltung SMD A soll vor der Veranstaltung SMD B gehört werden.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik				
9	Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Physik und Technik der Verifikation von Rüstungsbegrenzungsverträgen (PHY524)					
Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc., M.Sc.)					
Turnus: WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5.-6. Sem. B.Sc. 1.-4. Sem. M.Sc.	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Nutzung der Physik für die Überprüfung der Einhaltung von Rüstungsbegrenzungsabkommen. Aktuelle/eigene Forschung für Verifikation und Sicherungsmaßnahmen der IAEO wird einbezogen. Mit Einführung in Rüstungsbegrenzung und die Bedeutung der Verifikation.				
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen die physikalischen Grundlagen für die verschiedenen Überprüfungstechniken kennen, wobei elementare Formeln abgeleitet und Zahlenbeispiele aus der Praxis vorgerechnet werden. Bei den sog. nationalen technischen Mitteln der Verifikation sind dies: Bahnen von Satelliten, optische Abbildung mit Beugungsbegrenzung der Bildauflösung und Sensortechniken, Radar mit Radargleichung und Prinzip der Abbildung mit synthetischer Apertur. Bei den kooperativen Mitteln geht es um Kernstrahlungsnachweis, seismische und akustische (Infraschall, Unterwasserschall) Detektion von Kernexplosionen, Techniken zur Kontrolle von Raketenbehältern und zur Überwachung von Raketenstarts, Kennzeichen und Siegel, Bodensensoren. Aktuelle Forschung für neue Verifikationstechnik wird an Beispielen behandelt (akustisch-seismischer Land- und Luftfahrzeugnachweis, Überwachung eines unterirdischen Endlagers, Edelgasdetektion). Den Abschluss bilden aktuelle Verhandlungen und Vorschläge dafür sowie politische Fragen zur Verifikation. Mit der Diskussion der Bedeutung der Verifikation für Rüstungsbegrenzung allgemein, der Darstellung der Verifikationsregeln und –techniken verschiedener Begrenzungsverträge und der Behandlung geschichtlicher Aspekte bei ihrem Zustandekommen werden Bezüge zwischen Naturwissenschaft und Gesellschaft bzw. internationaler Politik thematisiert und interdisziplinäre Fähigkeiten gestärkt. Elementare Kenntnisse in Rüstungskontrolle und Abrüstung werden vermittelt. Die Studierenden erkennen die Bedeutung der Naturwissenschaft für Abrüstung und Frieden und erhalten einen Einblick in aktuelle naturwissenschaftliche Verifikationsforschung. Die Aufmerksamkeit für gesellschaftliche Aspekte der eigenen Wissenschaft und die Verantwortung der Naturwissenschaftler/innen wird erhöht.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (20 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse der Physik (Physik I-IV)				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc.) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)				
9	Modulbeauftragte(r) PD Dr. Jürgen Altmann		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Laserphysik (PHY526a)					
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: jährlich im WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr	Credits 5	Aufwand 150 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	5	3
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung: Eigenschaften von Laserstrahlung, klassische und quantenmechanische Beschreibung der Licht-Materie-Wechselwirkung, Ratengleichungen für optische Absorption und Emission. Laserphysik: Lichtverstärkung und Schwellenbedingung, Lasermedien und Pumpmechanismen, Laser-Resonatoren, Erzeugung kurzer und ultrakurzer Lichtimpulse Nichtlineare Optik: theoretische Grundlagen, optische Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, optisch parametrische Prozesse, Nichtlinearitäten dritter Ordnung: Zweiphotonen-Absorption, Selbstfokussierung				
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Erzeugung von Laserstrahlung und der linearen und nichtlinearen Wechselwirkungsprozesse von Licht mit Materie.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Quantenphysik und Elektrodynamik				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach				
9	Modulbeauftragte/r Prof. M. Betz		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Laserphysik (PHY526b)						
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)						
Turnus: jährlich im WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr		Credits 3	Aufwand 90 h
Modulstruktur						
Nr.	Element / Lehrveranstaltung			Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung			V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch					
3	Lehrinhalte Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung: Eigenschaften von Laserstrahlung, klassische und quantenmechanische Beschreibung der Licht-Materie-Wechselwirkung, Ratengleichungen für optische Absorption und Emission. Laserphysik: Lichtverstärkung und Schwellenbedingung, Lasermedien und Pumpmechanismen, Laser-Resonatoren, Erzeugung kurzer und ultrakurzer Lichtimpulse Nichtlineare Optik: theoretische Grundlagen, optische Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, optisch parametrische Prozesse, Nichtlinearitäten dritter Ordnung: Zweiphotonen-Absorption, Selbstfokussierung					
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Erzeugung von Laserstrahlung und der linearen und nichtlinearen Wechselwirkungsprozesse von Licht mit Materie.					
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)					
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung					
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Quantenphysik und Elektrodynamik					
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach					
9	Modulbeauftragte/r Prof. M. Betz			Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar: Kernenergie und andere Energiefragen (PHY528)				
Studiengang: Medizinphysik (B.Sc.)				
Turnus: jährlich im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc),	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur: 2 SWS Seminar, Selbststudium und eigener Vortrag.			
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch			
3	Lehrinhalte Grundlagen der Kern- und Reaktorphysik, Bautypen von Reaktoren, Aspekte der Reaktorsicherheit und Unfälle, Brennstoffkreislauf, Endlagerung und Reaktorrückbau, Energiespeicher, Aspekte anderer Energieformen, Energieversorgung.			
4	Kompetenzen Das Seminar stellt eine Einführung in das Thema Kernenergie im Kontext der Energieversorgung dar. Es werden insbesondere verschiedene Aspekte der Reaktorphysik beleuchtet und miteinander in Verbindung gebracht. Die Einbettung des Themas in aktuelle Fragen stellt die Veranstaltungen auch in einen gesellschaftlichen Kontext. Es werden außerdem die selbstständige Recherche sowie Präsentationstechniken geschult.			
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Seminarthema			
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung			
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-2			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach			
9	Modulbeauftragte/r Prof. B. Spaan, Prof. C. Gößling		Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Teilchenphysik 1 (PHY529)					
Studiengang: Physik (B.Sc.), Medizinphysik (B.Sc.)					
Turnus: nach Bedarf im WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch				
3	Lehrinhalte Grundlagen der Teilchenphysik, Feynmangraphen, Starke und elektroschwache Wechselwirkung, Quark-Parton-Modell, CKM-Matrix und PMNS-Matrix, Detektoren, Schlüsselexperimente und -konzepte der Teilchenphysik, aktuelle Themen der experimentellen Teilchenphysik, Physik des LHC, z.B.: Physik mit Bottom- und Top-Quarks und Higgsbosonen, CP-Verletzung, seltene Zerfälle, Suchen nach neuer Physik, Dunkle Materie				
4	Kompetenzen Die Vorlesung gibt eine ergänzende Einführung in die Konzepte und Grundlagen der Teilchenphysik, welche sich an dem parallel dazu stattfindenden Modul „Einführung in die Kern- und Teilchenphysik“ bzw. Struktur der Materie orientiert. Die dort vermittelten Grundlagen werden hier vertieft, um damit ein besseres Verständnis der modernen Teilchenphysik zu erzielen. Die Teilnehmer lernen anhand von konkreten Beispielen aktuelle Forschungsarbeiten in diesem Bereich der Physik kennen.				
5	Prüfungen Studienleistungen: keine Benotete Modulprüfung: schriftlich (2h) oder mündlich je nach Teilnehmerzahl				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: schriftlich oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-2				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach				
9	Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Vorlesung Magnetismus (PHY5210V)					
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: jedes Semester		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr	Credits 6	Aufwand 180 h
1 Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Typ	Credits
	1	Vorlesung		V	6
					4
2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch					
3 Lehrinhalte					
Grundbegriffe und Grundbausteine des Magnetismus: magnetische Momente, magnetische Felder, magnetische Suszeptibilität, Einteilung der magnetischen Stoffe.					
Magnetismus von Atomen/Ionen und lokalisierte magnetische Momente: atomarer Diamagnetismus, atomarer Paramagnetismus, Einfluss vom Kristallfeld in Festkörpern.					
Magnetismus der Leitungselektronen: Landau Diamagnetismus, Pauli Paramagnetismus, Band Ferromagnetismus.					
Austauschwechselwirkung: direkter und indirekter Austausch, Superaustausch, Doppelaustausch, RKKY-Wechselwirkung. Heisenberg Modell und Hubbard Modell für die Beschreibung von magnetisch geordneten Materialien, magnetischen Ordnungsstrukturen und Phasenübergängen.					
Kollektiver Magnetismus: Ferromagnetismus, Antiferromagnetismus, Ferrimagnetismus, magnetische Anisotropie, magnetische Domäne, Spinwellen und Stoner Anregungen.					
4 Kompetenzen					
Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Beschreibung magnetischer Materialien, und in die wichtigsten magnetischen Phänomene. Sie können diese Konzepte auf konkrete physikalische Situationen anwenden; zum Beispiel können Sie die Funktionsweise vieler Anwendungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie verstehen.					
5 Prüfungen					
Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)					
6 Prüfungsformen und –leistungen					
☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung					
7 Teilnahmevoraussetzungen					
Grundkenntnisse Festkörperphysik und Quantenmechanik					
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls					
Wahlpflichtfach					
9 Modulbeauftragte/r				Zuständige Fakultät	
Prof. Mirko Cinchetti				Physik	

Modul: Seminar Magnetismus (PHY5210S)					
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: jedes Semester		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr	Credits 3	Aufwand 60 h
1 Modulstruktur					
Nr.		Element / Lehrveranstaltung		Typ	Credits
1		Seminar		S	3
2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch					
3 Lehrinhalte Das Seminar beinhaltet Vorträge zu verschiedenen Themen, die für die aktuelle Forschung im Bereich Magnetismus relevant sind. Unter anderem: Messmethoden, Materialien und technologisch-relevante Effekte.					
4 Kompetenzen Das Seminar versteht sich als Ergänzung zur Vorlesung Magnetismus. Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Beschreibung magnetischer Materialien und in die wichtigsten magnetischen Phänomene. Sie können diese Konzepte auf konkrete physikalische Situationen anwenden, vor allem auf Gebieten, die aktuell im Schwerpunkt der Forschung im Bereich Magnetismus stehen. Zum Beispiel können sie die Funktionsweise vieler Anwendungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie verstehen.					
5 Prüfungen Modulprüfung: eigener Vortrag					
6 Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung					
7 Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Festkörperphysik und Quantenmechanik, Teilnahme an der Vorlesung Magnetismus PHY5210V .					
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach					
9 Modulbeauftragte/r Prof. Mirko Cinchetti			Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Materials for Nanoelectronics and High-Speed Quantum Electronic Devices (PHY5211)					
Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: jährlich im WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc), 1./2. Sem (M.Sc)	Credits 5	Aufwand 150 h
1 Modulstruktur					
Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung. Selbststudium und eigener Vortrag.		V S	3 2	2 1
2 Lehrveranstaltungssprache: Englisch oder Deutsch					
3 Lehrinhalte In der Vorlesung „ <i>Materialien für die Nanoelektronik und Hochgeschwindigkeits-Quantenelektronikbauelemente</i> “ werden die wesentlichen Grundlagen folgender Themen behandelt: 1.Überblick über die wichtigsten Materialsysteme und deren Anwendung in nanoelektronischen Bauelementen; 2.Transportmechanismen in Quantenelektronischen Bauelementen, wie resonanten Tunnelstrukturen; 3.Grundlagen und Anwendungen der Rauschspektroskopie; 4.Eigenschaften von Festkörperstrukturen in verschiedenen Dimensionen und Informationstechnologien; 5. Fortschrittliche Nanostrukturen auf Basis biokompatibler Materialien für Hochgeschwindigkeits-Biosensoren					
4 Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die Grundlagen der Nanotechnologie: Nanostrukturen, Mikro- und Nanoherstellung von Strukturen und deren Anwendungen. Die Studierenden lernen den Stand der Forschung in den Gebieten Anwendung von Rauschspektroskopie zur Erforschung der Transporteigenschaften von elektronischen Nanobauelementen. Die relevanten Konzepte des Forschungsgebiets werden dargestellt, methodisch untermauert und an Beispielen illustriert.					
5 Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.					
6 Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung					
7 Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Einführung in die Quanten- und Festkörperphysik					
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc.) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
9 Modulbeauftragte/r Prof. S.Vitusevich			Zuständige Fakultät Physik		

Module: Einführung in die Quantentechnologien (PHY5218)				
Degree Program: Medizinphysik (B.Sc.)				
Frequency: Winter term	Duration: 1 semester	Semester: 5 th B.Sc.	Credits 3	Work load 90 h

1	Module Structure:				
	No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
	1	Lecture	L	3	2
2	Language: German				
3	Content Introduction to modern quantum technologies 1) Basic concepts: entanglement, qubits, quantized light fields, squeezing 2) overview of quantum technology pillars: quantum computing, quantum simulation, quantum communication, quantum sensing and metrology 3) overview of quantum technology platforms: atoms, molecules, ions, photons, polaritons, superconducting circuits, quantum dots 4) detailed discussion of a few examples				
4	Learning outcome Students obtain an overview of quantum technologies and the connection to current research at TU Dortmund as a basis for more in-depth lectures.				
5	Examination Module exam: graded examination (written or oral depending on number of participants)				
6	Participation Requirements Physics IV				
7	Module type Elective module				
8	Responsible Dean of the department of Physics		Faculty in charge Department of Physics		

Modul: Thermodynamik und Statistik (PHY531)					
B.Sc.-Studiengang: Physik					
Turnus: jährlich im WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Semester	Credits 9	Aufwand 270 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Thermodynamik und Statistik .	V	6	4
	2	Übungen zur Thermodynamik und Statistik	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, teilweise Englisch				
3	Lehrinhalte				
	Der bewusst von der Statistik abgetrennte Thermodynamik-Teil dient als Beispiel für eine phänomenologische Theorie; der statistische Teil enthält Grundlagen der klassischen und der Quantenstatistik. Zu beiden Teilen gibt es Anwendungen. Thermodynamische Systeme; extensive und intensive Größen; die Hauptsätze, ideales Gas, Carnot-Prozess, Wirkungsgrad, Wärmekraftmaschinen. Thermodynamische Potentiale und Relationen, Thermodynamik bei veränderlicher Teilchenzahl. Phasendiagramme, Phasengleichgewicht. Van-der-Waals-Gas. Mehrstoffsysteme. Massenwirkungsgesetz. Osmotischer Druck. Optional: Thermodynamik in äußeren Feldern. Makroskopische Systeme, Wahrscheinlichkeitsbegriffe, Argumente für eine statistische Beschreibung. Dichteoperatoren für Gleichgewichtsgesamtheiten. Definition der Entropie in der Statistik, Relation zur Thermodynamik. Mikrokanonische, kanonische, großkanonische Gesamtheiten und ihre Äquivalenz. Fluktuationen. Besetzungszahldarstellung mit Anwendung auf die idealen Fermi- und Bose-Gase, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren, Pseudobosonen, Planck'sches Strahlungsgesetz. Optional: Übergang von der Quantenstatistik zur klassischen. Anwendungen: Klassische Virialentwicklung. Magnetische Momente, Magnetismus. Molekularfeld und Variationsprinzip. Ising-Modell. Landau-Theorie der Phasenübergänge. Kritische Exponenten und Skaleninvarianz. Ginzburg-Landau-Theorie. Renormierungsgruppe. Störungsrechnung in der Quantenstatistik. Lineare Antwort, Dissipations-Fluktuationstheorem. <u>Literatur:</u> Landau-Lifschitz Bd.V; K. Huang: Statistical Mechanics. Vorlesungsskripte Dortmunder Dozenten.				
4	Kompetenzen				
	Die Studierenden können die charakteristischen Phänomene der Thermodynamik erkennen, einordnen und deuten, sowie deren formalen Apparat beherrschen und anwenden. Gleiches gilt für die statistische Untermauerung der Thermodynamik. Die Studierenden verstehen insbesondere, dass erst durch die Quantenstatistik die Paradoxa und Unzulänglichkeiten der Thermodynamik und der klassischen Statistik überwunden werden konnten. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Hausaufgaben. Modulprüfung: Benotete Klausur (180min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: Klausur ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik I bis IV				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik				
9	Modulbeauftragte/r Dekan Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar: Physik und Philosophie der Zeit (PHY536)					
Studiengang: Physik und Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.)					
Turnus: nach Bedarf		Dauer: 1 Semester		Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc), 1./2. Sem (M.Sc)	
			Credits 3	Aufwand 90 h	
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Seminar	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Philosophie der Zeit: Zeit als kulturelles Phänomen, Platon, Aristoteles, Augustinus, Leibniz, Newton, Kant Zeit in der modernen Physik: Thermodynamik, Relativitätstheorie, Quantenmechanik, Quantenkosmologie, Neurologie und Psychologie der Zeitwahrnehmung				
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die Problematik ein fundamentales Konzept wie die Zeit zu definieren und lernen im Dialog mit er Philosophie, physikalische Zeitbegriffe zu hinterfragen, reflektieren und besser zu verstehen sowie offene Fragen zu identifizieren.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Physik 1+2				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach				
9	Modulbeauftragte/r Prof. H. Päs			Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Gruppentheorie in der Festkörperphysik (PHY538)					
Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc)					
Turnus: nach Bedarf		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5.-6. Sem. (B.Sc) 1.-3. Sem. (M.Sc)	Credits 6	Aufwand 180 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V+Ü	6	3+1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch				
3	Lehrinhalte Gruppentheoretische Grundlagen; Darstellungen und Charaktere; Orthogonalitätstheoreme; Beziehung zwischen Quantenmechanik und Gruppentheorie; die 32 Punktgruppen in Festkörpern; Irreduzible Darstellungen der Punktgruppen; Doppelpunktgruppen; Gruppentheorie in der zeitunabhängigen Störungstheorie: Aufspaltung atomarer Orbitale in Festkörpern; Gruppentheoretische Auswertung von Matrixelementen: Wigner-Eckart Theorem; Raumgruppen und ihre irreduziblen Darstellungen; Teilchen in periodischen Potentialen. Literatur: H.-W. Streitwolf, Gruppentheorie in der Festkörperphysik; M. Böhm, Symmetrien in Festkörpern; M.S. Dresselhaus et al., Group Theory.				
4	Kompetenzen Die Studierenden erlernen die mathematischen Grundlagen der Gruppentheorie und hierbei insbesondere das Konzept der irreduziblen Darstellungen von Gruppen. Ausgehend von diesen Grundlagen wird ihnen die fundamentale Beziehung zwischen der Gruppentheorie und den Eigenschaften quantenmechanischer Systeme vermittelt. In der Vorlesung und in den Übungen beschäftigen sich die Studierenden dann im Detail mit den in Festkörpern besonders wichtigen Gruppen, den Punktgruppen, den Doppelpunktgruppen und den Raumgruppen.				
5	Prüfungen Modulprüfung: mündliche Prüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik IV erforderlich; Kenntnisse aus Einführung in die Festkörperphysik empfohlen (kann auch parallel gehört werden)				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc.) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)				
9	Modulbeauftragte/r Jöeg Bünemann		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Magnetische Resonanz (PHY623)				
B.Sc.-Studiengang: Physik, Medizinphysik; M.Sc.-Studiengang: Physik, Medizinphysik				
Turnus: nach Bedarf im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: 6. Sem. M.Sc.: 2. Sem.	Credits 5	Aufwand 150 h
1	Modulstruktur 3 SWS Vorlesung, fakultativ Übung. Möglichkeit der praktischen Ergänzung durch Laborexperimente			
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch			
3	Lehrinhalte Grundlagen und Anwendungen der magnetischen Resonanz, d.h.: Klassische und quantenmechanische Beschreibung der wichtigsten Wechselwirkungen; Manipulation und zeitliche Entwicklung von Spinsystemen; bildgebende Verfahren; experimentelle Implementierung: Spektrometer, Messtechnik; Anwendungen mit Bezug zur Untersuchung von Struktur und Dynamik harter sowie weicher Materie; insbesondere die Anwendungen aus dem materialwissenschaftlichen und medizinphysikalischen Bereich sollen an die Zuhörer angepasst werden. Literatur: Slichter: Principles of magnetic resonance, Levitt: Spin dynamics, Schweiger, Jeschke: Principles of Pulse Electron Paramagnetic Resonance			
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über verschiedene Gebiete der Magnetresonanz und kennen die wichtigsten Methoden und die Bandbreite der grundlegenden Anwendungen. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, die Originalliteratur mit Gewinn zu lesen und sie können einfache Rechnungen zur Spindynamik selbstständig durchführen.			
5	Prüfungen Studienleistungen: fakultativ Hausaufgaben. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)			
6	Prüfungsformen und -leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung			
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik I-IV			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc.) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)			
9	Modulbeauftragter Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Physik und Technologie von Halbleiter-Nanostrukturen (PHY625)					
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: nach Bedarf im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte				
	1. Grundlagen der Halbleiterphysik: Materialien, physikalische und elektronische Eigenschaften, Nanostrukturen				
	2. Herstellung, Charakterisierung und elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen				
	3. Transportphänomene Leitfähigkeit, Tunnelprozesse, hochbewegliche Systeme, Quanten-Hall-Effekt				
	4. Optische Eigenschaften Inter- und Intradband- Übergänge, Exzitonen in Quantendrähten und Quantenpunkten				
	5. 2D-Materialien: Spezifische Aspekte von Monolagen-Halbleitern (Graphen, TMDs)				
4	Kompetenzen				
	Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen und technologischen Grundlagen moderner Halbleiter-Nanostrukturen.				
5	Prüfungen				
	Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen				
	☒ Modulprüfung: mündlich		☐ Teilleistung		
7	Teilnahmevoraussetzungen				
	Grundkenntnisse Festkörperphysik (z.B. Modul Einführung in die Festkörperphysik oder Struktur der Materie)				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls				
	Wahlpflichtfach				
9	Modulbeauftragte/r		Zuständige Fakultät		
	Prof. M. Betz		Physik		

Modul: Fortgeschrittene nichtlineare spektroskopische Methoden in der Festkörperphysik (PHY628)					
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: jährlich im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Lineare licht-Materie Wechselwirkung: elektrische Polarisisation, dielektrischer Tensor, lineare Optik, lineare Magneto-Optik in magnetischen Materialien (Metalle und Isolatoren), Drude Modell, Lorentz Modell Optik der Metalle: freie- Elektronen Modell, Plasmonen Optik der Isolatoren und Halbleiter: direkte und indirekte Übergänge, Exzitonen, Nichtlineare Optik: nichtlineare elektrische Polarisisation, Harmonische Erzeugung, magnetische Erzeugung von Harmonischen, Erzeugung von harmonischen aus Exzitonen. Raman Spektroskopie: Spontane und Induzierte Raman-Streuung an Phononen und Magnonen. Zeit-aufgelöst Methoden: Pump-probe Methode, zeitaufgelöste SHG und THG, zeitaufgelöste Raman-Spektroskopie.				
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der optischen Eigenschaften von unterschiedlichen Materialienklassen. Das Verständnis von traditionellen und modernen spektroskopischen Methoden wird dabei durch direkten Beispielen ergänzt.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündliche Prüfung ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Grundkenntnisse Festkörperphysik und Elektromagnetismus				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang oder im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r Dr. Davide Bossini, Dr. Dima Yakovlev			Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Seminar: Angewandte Dosimetrie (PHY629)					
Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc., M.Sc.)					
Turnus: jährlich im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Seminar	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Der Kurs deckt die Grundlagen der Dosimetrie und deren Anwendungen ab. Der Schwerpunkt des Kurses liegt insbesondere auf dem Aspekt der Personendosimetrie und ihrer Bedeutung im Strahlenschutz beruflich strahlenexponierter Personen. In dem Seminar werden sowohl detektorphysikalischen Grundlagen behandelt als auch technologische Aspekte der Anwendung wie z.B. die Anforderungen an Dosimeter sowie die Umsetzung in der Normung.				
4	Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Fachgebiet der Dosimetrie durch ein Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Fachvortrag				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Struktur der Materie bzw. KET				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc.) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)				
9	Modulbeauftragte/r Prof. Dr. Kevin Kröninger		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Methoden der klinischen Forschung (PHY6210)					
Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc)					
Turnus: nach Bedarf im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc)	Credits 5	Aufwand 150 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	5	3
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Zusammenhänge in der klinischen Forschung. Methodische, statistische, rechtliche und ethische Aspekte. Klassifizierung von Studien: Observationsstudien (Fall-Kontroll-Studien, Querschnittsstudien, Kohortenstudien), Interventionsstudien (randomisiert, kontrolliert, doppel-verblindet), Phasen klinischer Studien. Statische Unterscheidung von Untersuchungsgruppen: Parametrische und nicht-parametrische Tests. Assoziationen von Untersuchungsgrößen: Korrelation (Pearson, Spearman), Regression (univariate, multivariate und logistische) Risiko- und Prognosefaktoren: Odds Ratio, Hazard Ratio, Absolutes Risiko, Relatives Risiko. Genauigkeit diagnostischer Verfahren: Sensitivität, Spezifität, Receiver Operating Curve (ROC), Likelihood Ratio (LR+ und LR-). Körperliche Belastbarkeit: Auswertung maximaler und submaximaler Belastungstests. Lebensqualität: Fragebögen – Umgang und Auswertung. Rechtliche und ethische Aspekte: Good Clinical Practice (GCP), Ethikkommission, Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM).				
4	Kompetenzen Die Studenten erlernen Methoden, die in der Klinischen Forschung angewandt werden. Da es sich in der medizinischen Wissenschaft um Forschung am Subjekt handelt, werden auch Kenntnisse zu rechtlichen und ethischen Aspekten erworben. In den Übungen lernen die Studenten, Aufgaben aus dem Bereich Kinischen Forschung eigenständig als Problem zu erfassen, zu lösen und in der Gruppe zu diskutieren.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. Im Masterstudiengang Medizinphysik kann auch eine Studienleistung für ein Schwerpunktmodul (z.B. klinische Medizinphysik) erworben werden: Vortrag, oder Klausur oder Prüfungsgespräch – wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: Klausur oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Medizinphysikalische Grundkenntnisse				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder im Masterstudiengang Medizinphysik, Physik				
9	Modulbeauftragte/r Gerhard Weinreich		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Höhere Quantenmechanik (PHY631)**Studiengang: B.Sc. Physik und M.Sc. Physics; B.Sc. und M.Sc. Medizinphysik**

Turnus: jährlich im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Semester	Credits 6	Aufwand 180 h
----------------------------------	-----------------------------	---	---------------------	-------------------------

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Höhere Quantenmechanik .	V	3	2
	2	Übungen zur Höheren Quantenmechanik	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte (zeitabhängige) Störungstheorie: S-Matrix, Fermis goldene Regel; Streutheorie: Lippmann-Schwinger, Bornscher Wirkungsquerschnitt Pfadintegral: klassischer Limes, harmonischer Oszillator; Relativistische Quantenmechanik: Poincare-Trafos, Spinoren Klein-Gordon-Gleichung Diracgleichung: Kovarianz, P,T,C, nicht-relativistischer Limes, Feinstruktur Feldquantisierung, Fockraum, Photonen, Symmetrien, SUSY-QM <u>Literatur:</u> Schwabl: Quantenmechanik für Fortgeschrittene, Peskin, Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory, L.D. Landau, E.M. Lifshitz: Quantenmechanik, Bd. III				
4	Kompetenzen Die Studierenden erlernen die wichtigsten Elemente der fortgeschrittenen Quantenmechanik, sowie die Methoden zur technischen Handhabung von Fragestellungen und Berechnung von Messgrößen. Neben der kanonischen Quantisierung wird das Pfadintegral als wichtiges Konzept moderner Feldtheorie am harmonischen Oszillator eingeführt. Ein Schwerpunkt ist die relativistische Quantenmechanik, hier wird verstärkt auf gute Beherrschung und konzeptionelles Verständnis der entsprechenden Transformationen für Objekte mit Spin geachtet. Die Studierenden werden an Methoden herangeführt wie sie in der aktuellen Forschung benutzt werden. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.				
5	Prüfungen Studienleistung: Hausaufgaben Modulprüfung: Benotete Klausur (120 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: Klausur ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik I-IV				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik; Unbedingt empfohlen wenn Bachelorarbeit oder darauffolgendes Masterstudium im Bereich Teilchentheorie angestrebt wird.				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Computational Physics (PHY632)						
Studiengang: B.Sc. und M.Sc. Physik; B.Sc. und M.Sc. Medizophysik						
Turnus: jährlich im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc)	Credits 9	Aufwand 270 h	
1 Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Typ	Credits	SWS
	1	Computational Physics .		V	6	4
	2	Übungen zu Computational Physics		Ü	3	2
2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch						
3 Lehrinhalte						
Grundlegende numerische Techniken, z.B.: Numerische Differentiation, Integration, Lösung von Differentialgleichungen. Grundaufgaben der numerischen linearen Algebra: lineare Gleichungssysteme und Eigenwertprobleme.						
Spezifische numerische Techniken der Physik, z.B.: Nichtlineare Optimierung in vielen Variablen, Bestimmung dominanter Eigenwerte in hochdimensionalen Räumen, Variationsverfahren, Lösung gekoppelter gewöhnlicher Differentialgleichungen, Molekulardynamik-Simulationen, Lösung partieller Differentialgleichungen, Monte-Carlo-Simulationen und -Integrationen, Lösung stochastischer Differentialgleichungen.						
Physikalische Anwendungsfelder, z.B.: Nichtlineare Dynamik (Poincaréschnitte, Ljapunow-Exponenten, Attraktoren, Bifurkationen). Elektrodynamik (Potentialgleichung). Optik (Beugung). Quantenmechanik (Stationäre Zustände, Variationsverfahren, Grundzustandsberechnungen, Zeitentwicklung, Streuprobleme, Hartree-Fock-Methode). Quantenfeldtheorie (Gitter-QFT, Funktionalintegrale). Statistische Physik (Transfermatrixmethoden, kritische Punkte und kritische Exponenten, Simulationen von Vielteilchensystemen mit Molekulardynamik und klassischen und quantenmechanischen Monte-Carlo-Methoden, stochastische Dynamik). Festkörperphysik (Dichtefunktionalmethoden, Bandstrukturberechnung). Teilchenphysik.						
Literatur: Press et al: Numerical Recipes, Schnakenberg: Algorithmen in der Quantentheorie und Statistischen Physik, Thijssen: Computational Physics, Gould-Tobochnik: An Introduction to Computer Simulation Methods						
4 Kompetenzen Die Studierenden können die modernen Methoden der computerunterstützten theoretischen Physik und der Computersimulation auf Beispiele aus der Physik der Elementarteilchen und der kondensierten Materie anwenden. Dies beinhaltet das Erkennen des numerischen Problems, die Wahl des geeigneten Algorithmus und die Umsetzung in ein Programm anhand von Projekten als Hausübungen. Die Bearbeitung der Projekte im Team fördert Teamfähigkeit und Projektmanagement, außerdem die graphische Aufbereitung und Präsentation numerischer Ergebnisse.						
5 Prüfungen Studienleistung: Präsentation der Übungsprojekte. Benotete Modulprüfung, schriftlich oder mündlich (wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben)						
6 Prüfungsformen und -leistungen ☒ Modulprüfung: schriftlich oder mündlich ☐ Teilleistung						
7 Teilnahmevoraussetzungen Der vorherige Besuch der Vorlesung "Thermodynamik und Statistik" wird empfohlen, ist aber keine zwingende Voraussetzung.						
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik/Medizophysik oder im Masterstudiengang Physik/Medizophysik						
9 Modulbeauftragte/r Dekan Physik			Zuständige Fakultät Physik			

Modul: Allgemeine Relativitätstheorie (PHY634)**B.Sc.-Studiengang Physik und Medizinphysik, M.Sc.-Studiengang Physik und Medizinphysik**

Turnus: ein- bis zweijährig im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem (M.Sc)	Credits 6	Aufwand 180 h
--	-----------------------------	---	---------------------	-------------------------

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit Übung	V+Ü	6	3 + 1

2 **Lehrveranstaltungssprache:** Deutsch oder Englisch

3	Lehrinhalte Wiederholung Spezielle Relativitätstheorie, Prinzipien der Allgemeinen Relativitätstheorie, Bezugssysteme und Äquivalenzprinzip, Tensorkalkül und Geometrie in gekrümmten Räumen, Gravitation und Einsteinsche Feldgleichungen, Tests der allgemeinen Relativitätstheorie, Schwarzschildmetrik, Sternmodelle, Schwarze Löcher, Gravitationswellen, Ausblick auf Kosmologie und Quantengravitation Literatur: S.M. Carroll: Spacetime and Geometry: Introduction to General Relativity und andere in der Vorlesung angegebene
----------	---

4	Kompetenzen Die Studierenden lernen, wie man die Raum-Zeit-Struktur gekrümmter Räume mathematisch beschreibt; sie erwerben eine vertiefte Einsicht in die Physik der Gravitation und ihre Beziehung zur Struktur der Raumzeit; sie lernen exemplarisch, wie sich aus allgemeinen Prinzipien und Postulaten eine Theorie mit meßbaren Konsequenzen herausbildet; sie entwickeln und üben die notwendigen Techniken, um den Formalismus der Allgemeinen Relativitätstheorie auf konkrete Probleme in Astrophysik und Kosmologie anzuwenden.
----------	---

5	Prüfungen Studienleistung: Hausaufgaben Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (120 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.
----------	---

6	Prüfungsformen und -leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich oder Klausur ☐ Teilleistung
----------	--

7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik I-III
----------	--

8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc.) oder Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)
----------	---

9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät Physik
----------	--	--------------------------------------

Module: Advanced Solid State Physics I: Semiconductors and Light-Matter Interaction (PHY635)				
Degree Program: Physics (B.Sc, M.Sc), Medical Physics (B.Sc., M. Sc.)				
Frequency: as needed in SS	Duration: 1 semester	Semester: 6th sem. (B.Sc) 2nd sem. (M.Sc)	Credits 6	Work load 150 h

1	Module structure				
	No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours
	1	Lecture	V	6	4
2	Language: English				
3	Content The lecture covers the most important aspects of the modern physics of crystalline semiconductors and general aspects of the interaction of solids with light. Specifically, the following topics are covered: Semiconductor Physics: crystal structures, lattice vibrations, electronic band structure of important semiconductor materials, defect states and electrical transport, heterostructures/nanostructures: fabrication and properties, influence of external fields: Stark effect, quantum Hall effect, semiconductor diodes: band diagram and electrical properties Linear optics: optical properties of dielectrics, semiconductors and heterostructures including semiconductor structures; phonons, plasmons, polarons, excitons, optical Bloch equations; density matrix formalism; strong and ultra-strong light-matter coupling. Nonlinear optics: nonlinear susceptibility; nonlinear wave equation; phase matching; 3rd and higher order nonlinearities; nonlinear optics of the two-level system. Fundamentals of quantum optics: quantization of the electromagnetic field; quantum-mechanical states of the light field; coherence. Literature: N.W. Ashcroft, N.O. Mermin: "Solid State Physics" M. Grundmann, "The Physics of Semiconductors: An Introduction Including Nanophysics and Applications" M. Fox: "Optical Properties of Solids"				
4	Learning outcome The lecture opens a comprehensive view of modern semiconductor physics including the most important heterostructures. It also offers insight into the general optical properties of condensed matter in a broad spectral range from microwave radiation to the ultraviolet. The aim is to develop an understanding in particular of collective electron dynamics, excitations of quasiparticles, nonlinear optical processes and basic features of quantum optics.				
5	Examination Module exam: oral exam (30 min)				
6	Forms of examination and performance ☒ Module examination: oral ☐ Partial performance				

7	Participation requirements Basic knowledge of solid state physics (Introduction to Solid State Physics or Structure of Matter).	
8	Module type Elective module	
9	Responsible Dean of the faculty of physics	Faculty in charge Physics

Modul: Beschleunigerphysik I (PHY712)					
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: jährlich im WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 7. Studiensemester 1. Mastersemester	Credits 6	Aufwand 180 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	4	3
	2	Übungen	Ü+S	2	1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Einführung: Physikalische Grundlagen, Geschichte, Beschleunigertypen Transversale Strahldynamik: Magnete, Teilchenoptik, transversaler Phasenraum Longitudinale Strahldynamik: Hochfrequenzsysteme, longitudinaler Phasenraum Synchrotronstrahlung: Eigenschaften von Synchrotronstrahlung, Strahlungsdämpfung, Wiggler und Undulatoren, Synchrotronstrahlungsquellen				
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die Physik und Technologie von Teilchenbeschleunigern, der nicht nur für eine Karriere in Beschleunigerphysik, sondern auch für zukünftige Experimentatoren an einem Beschleuniger gewinnbringend ist. Die Studierenden lernen die wesentlichen Schritte bei der Auslegung eines Beschleunigers oder Speicherrings kennen. Sie führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zur Strahldynamik aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Matlab geübt wird.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben, aktive Teilnahme an den Übungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Vorkenntnisse in Beschleunigerphysik oder Programmierkenntnisse werden nicht vorausgesetzt.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Messmethoden in der Oberflächenphysik (PHY724)					
Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik					
Turnus:		Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
jährlich im WS		1 Semester	M.Sc.:1. Sem.	6	180 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit Übung	V + Ü	6	3 + 1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Die Vorlesung besteht aus einem theoretischen Teil mit Bezug zu und Beispielen aus der Praxis: Grundlegende Konzepte der Oberflächenphysik; experimentelle Voraussetzungen; Einführung in die wichtigsten Messmethoden; Beschreibung und Nomenklatur in der Oberflächenphysik; Elektronische und strukturelle Eigenschaften von Oberflächen; Wechselwirkungen an Oberflächen; Oberflächenzustände; Atome und Moleküle auf Oberflächen, organische molekulare Filme, Einblick in die Nanotechnologie: Nanostrukturen, Mikro- und Nanoherstellung von Strukturen, Mikro- und Nanoanwendungen <u>Literatur:</u> Henzler/Göpel, <i>Oberflächenphysik des Festkörpers</i> , F. Bechstedt/P. Herzog, <i>Principles of Surface Physics</i> , K. Kopitzki <i>Einführung in die Festkörperphysik</i> , W. Mönch, <i>Semiconductor Surfaces and Interfaces</i> ; S. Morita/R.Wiesendanger/E.Meyer (Eds.), <i>Noncontact Atomic Force Microscopy</i> ; W. Schattke/M.A.Van Hove (Eds.), <i>Solid-State Photoemission and Related Methods</i> ; B. Bushan (Ed.), <i>Springer Handbook of Nanotechnology</i> ; D.P. Woodruff/T.A. Delchar, <i>Modern Techniques of Surface Science—Second Editon</i>				
4	Kompetenzen Die Studierenden kennen die Grundlagen der Oberflächenphysik und Oberflächen-spezifische Techniken: dieses sind notwendige Voraussetzungen und erlauben frühe experimentelle Zugänge. Sie beherrschen die wichtigsten in der Oberflächenphysik eingesetzten Messmethoden von der theoretischen Seite. Die Studierenden kennen die jeweiligen Stärken und Grenzen der Methoden, dabei überschauen Sie die jeweiligen Vor- und Nachteile von eingesetzten Techniken. Die Studierenden treffen notwendige Unterscheidungen zwischen Volumen- und oberflächenspezifischen Techniken zum zielgerichteten Charakterisieren von Materialien, deren Eigenschaften erläutern sie an Hand von Beispielen. Dazu kennen sie die wichtigsten Wechselwirkungsmechanismen von Atomen und Molekülen mit Oberflächen. Diese Grundlage verwenden sie für folgende Einblicke in Anwendungen in der Nanotechnologie.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Hausaufgaben. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Experimentelle Übungen I/II und Festkörperphysik				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r Prof. C. Westphal		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar: Beschleunigerphysik und Synchrotronstrahlung: Anwendungen in der Festkörperphysik (**PHY726**)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik, M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik

Turnus: jedes Semester	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1.-2. Sem. M.Sc.	Credits 3	Aufwand 90 h
----------------------------------	-----------------------------	--	---------------------	------------------------

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Das Seminar besteht aus Teilgebieten der aktiven Forschung mit Speicherringen und mit Synchrotronstrahlung: Aktuelle Probleme der Erzeugung und aktuelle Anwendungen mit Synchrotronstrahlung; Methoden der Festkörperphysik zur Forschung mit Synchrotronlicht im weichen bis harten Röntgenbereich; Elektronische und strukturelle Eigenschaften von Oberflächen Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben /bereitgestellt				
4	Kompetenzen Die Studierenden kennen aktuelle Probleme bei der Erzeugung von Synchrotronstrahlung. Dazu diskutieren sie moderne Methoden zur Charakterisierung von Beschleunigern. Zur Beschreibung von Oberflächen wird heute Synchrotronstrahlung in vielen Bereichen eingesetzt, zum Beispiel der Physik, Chemie und Biologie. Diese Methoden verbinden in der modernen Forschung die Disziplinen. Durch das gemeinsame Seminar aus dem Bereich der Erzeugung von Synchrotronstrahlung und dem Bereich der Anwendungen wird die Teamfähigkeit gefördert. Die Studierenden verfügen über moderne Verfahren zur wissenschaftlichen Recherche und neueste Präsentationstechniken, die sie mit einem eigenen Beitrag vertiefen. Ferner können sie unterschiedliche Methoden und Techniken des Einsatzes von Synchrotronstrahlung in der Forschung zur Oberflächen- und volumenspezifischen Analyse kontextbezogen gegeneinander abwägen und problemgerichtet diskutieren.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Vorkenntnisse aus Festkörperphysik oder Beschleunigerphysik (wenn möglich)				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Atomar aufgelöste Oberflächen- und Grenzflächenanalyse (PHY727)**Studiengänge Physik B.Sc. und M.Sc.; und Medizinphysik B.Sc. und M.Sc.**

Turnus: jährlich im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5.-6. Sem (B.Sc) 1.-3. Sem (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h
----------------------------------	-----------------------------	--	---------------------	------------------------

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Einführung: Grundlegende Eigenschaften von Oberflächen / Grenzflächen; Methoden zur Realraumabbildung (Rastertunnelmikroskopie, Rasterkraftmikroskopie etc.); Beugung mit Elektronen- und Atomstrahlen an Oberflächen; Untersuchung von Nanostrukturen an Oberflächen; Röntgen- und Neutronenstreuung (Grundlagen); Röntgenreflektivität an Oberflächen und Grenzflächen: Theorie und Beispiele.				
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen verschiedene Methoden zur Untersuchung der nanoskopischen Struktur von Oberflächen und Grenzflächen, bis hin zu Methoden mit atomarer Auflösung kennen. Insbesondere werden Methoden zur Realraumabbildung mit Beugungsmethoden verglichen. Die Darstellung der grundlegenden Mechanismen wird mit vielen Beispielen aus der aktuellen Forschung ergänzt. Anwendungsfelder wie die Nanotechnologie werden aufgezeigt.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Modulprüfung (30 min) oder kurzer schriftlicher Test.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich oder schriftlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus der Festkörperphysik				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik/Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte(r) Dekan(in) Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar: Festkörperspektroskopie (PHY728)**Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik**

Turnus: jedes Semester	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1.-2. Sem. M.Sc.	Credits 3	Aufwand 90 h
----------------------------------	-----------------------------	--	---------------------	------------------------

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch/Englisch				
3	Lehrinhalte Das Seminar beschäftigt sich mit Teilgebieten der aktiven Forschung, vorwiegend mit der magnetischen Resonanz, aber auch der dielektrischen und optischen Spektroskopie von Festkörpern: Neuartige methodische Entwicklungen der Kern- und Elektronenspinresonanz sowie verwandter Spektroskopieverfahren und deren Anwendung auf quantenphysikalische, materialwissenschaftliche und medizinphysikalische Fragenstellungen Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben / bereitgestellt				
4	Kompetenzen Die Studierenden besitzen eine Übersicht über einige wesentliche spektroskopische Methoden zur Untersuchung sowohl von harter als auch von weicher Materie. Begleitet durch die Dozenten, lernen die Studierenden anhand der Originalliteratur ein spezielles Forschungsgebiet näher kennen und können es für die Darstellung in einer Präsentation strukturiert aufarbeiten. Durch die obligatorische regelmäßige Teilnahme verfügen Sie über einen Überblick auch über andere aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich der Festkörperspektroskopie. Der vorgeschriebene eigene Vortrag schult Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.				
6	Prüfungsformen und -leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in Festkörperphysik				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar: Laser – Arten und Anwendungen (PHY729)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik

Turnus: jährlich	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1.-2. Sem. M.Sc.	Credits 3	Aufwand 90 h
----------------------------	-----------------------------	--	---------------------	------------------------

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Das Seminar besteht aus Teilgebieten zu Grundlagen von Laserprozessen und zur aktiven Forschung mit Lasern: Laserprozesse, Lasertypen (Festkörper-, Gas-, Halbleiter-, Elektronenlaser etc.), Erzeugung und Anwendung ultrakurzer Laserpulse, Erzeugung und Anwendung extrem schmalbandiger Laser, Hochleistungslaser, Laser für Kommunikation und Nachrichtenübertragung, Laser in der Medizin <u>Literatur:</u> wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben /bereitgestellt				
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen aktuelle Probleme bei der Erzeugung und Nutzung von Lasern kennen. Der vorgeschriebene eigene Vortrag schult Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. Unterschiedliche Vorgehensweisen und Arbeitsmethoden gewähren einen Überblick der Forschung mit Laserstrahlung.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Vorkenntnisse aus Festkörperphysik oder Festkörperspektroskopie				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte(r) Dekan(in) Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar: Neutrino- und Gammaastronomie (PHY7211)					
Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik, B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jedes Semester		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1.-2. Sem (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch				
3	Lehrinhalte Im Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der Neutrino- und Gammaastronomie und verbindender Gebiete wie Kosmologie und Teilchenphysik behandelt. Methoden der Analyse der großen, in diesen Gebieten anfallenden Datenmengen, können ebenfalls behandelt werden. <u>Literatur:</u> wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt.				
4	Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Elementarteilchenphysik sowie Astroteilchenphysik				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen B.Sc. (Physik, Medizinphysik) und M.Sc. (Physik)				
9	Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar: Moderne Optik (PHY7213)					
Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik					
Turnus: nach Bedarf im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1.-3. Sem (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Seminar	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Neuartige methodische Entwicklungen zur Kontrolle des Lichtfelds und moderne optische Verfahren zur Spektroskopie und Bildgebung und ihre Anwendung in der Grundlagenforschung, der Materialwissenschaft und der Medizinphysik. Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekanntgegeben/bereitgestellt.				
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen aktuelle optische Verfahren und Anwendungen kennen. Die Studierenden erarbeiten sich anhand der Originalliteratur ein abgegrenztes Forschungsthema und arbeiten es für eine Präsentation auf. Der vorgeschriebene eigene Vortrag schult Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion erlernen die Studierenden wissenschaftliche Diskussionstechniken. Die Breite der Themen gewährt den Studierenden einen Überblick über die Nutzung optischer Verfahren sowohl in der Forschung als auch für industrielle Anwendungen.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Vorkenntnisse aus Festkörperphysik				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 1a, Angewandte Spektrometrie (PHY7219a)					
Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik					
Turnus: 2-jährig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.		Credits: 3	Aufwand: 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung Angewandte Spektrometrie	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): Elementanalyse: Atomabsorptionsspektrometrie; Atomemissionanalyse; Röntgenfluoreszenzanalyse; Elementmassenspektroskopie. Molekülanalyse: Infrarot und Ramanspektroskopie; NMR Spektroskopie; Molekülmassenspektrometrie, Festkörper und Oberflächenanalyse: Mikrostrahlanalyse mit Photonen, Elektronen und Ionen; Strukturanalyse				
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik IV				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik				
9	Modulbeauftragter Priv.-Doz. Dr. J. Franzke		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 2a, Angewandte Plasmaphysik (PHY7220a)					
Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik					
Turnus: 2-jährig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.	Credits: 3	Aufwand: 90 h	
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung Angewandte Plasmaphysik	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): 2.Physik gepulster und kontinuierlicher Plasmen, Plasmadiagnostik, Nieder und Hochdruckplasmen, analytische Plasmen: Glimmentladungen, Bögen, induktiv gekoppelte Plasmen, Dielektrisch Behinderte Entladungen, Lasererzeugte Plasmen; Plasma Emissionsspektrometrie und PlasmaMassenspektrometrie				
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik IV				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik				
9	Modulbeauftragter Priv.-Doz. Dr. J. Franzke		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 3a, Angewandte Laserspektrometrie (PHY7221a)					
Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik					
Turnus: 2-jährig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.	Credits: 3	Aufwand: 90 h	
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung Angewandte Laserspektrometrie	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): Der Laser als spektroskopisches Instrument; Absorption, Fluoreszenz und Ionisationsspektrometrie mit Lasern; hochauflösende Spektrometrie mit Lasern; optoakustische und optothermische Methoden; Obeflächenplasmonen-resonanzspektrometrie; Oberflächenverstärkte Ramanspektroskopie; Laserionisationsmassenspektrometrie (RIMS, MALDI, etc.)				
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik IV				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik				
9	Modulbeauftragter Priv.-Doz. Dr. J. Franzke		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 1b, Angewandte Spektrometrie (PHY7219b)					
Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik					
Turnus: 2-jährig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.	Credits: 3 + 2	Aufwand: (90 + 60) h = 150 h	
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung Angewandte Spektrometrie	V	3	2
	2	Lehrstuhl-Experiment	P	2	
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): Elementanalyse: Atomabsorptionspektrometrie; Atomemissionanalyse; Röntgenfluoreszenzanalyse; Elementmassenspektroskopie. Molekülanalyse: Infrarot und Ramanspektroskopie; NMR Spektroskopie; Molekülmassenspektrometrie, Festkörper und Oberflächenanalyse: Mikrostrahlanalyse mit Photonen, Elektronen und Ionen; Strukturanalyse Lehrstuhlexperiment: Absorptionsspektrometrie, Emissionsspektrometrie				
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik IV				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik Von den Modulen „Physikalisch-Chemische Analytik 1b, 2b und 3b“ kann nur eines gewählt werden. Das zugehörige a-Modul kann dann nicht mehr gewählt werden.				
9	Modulbeauftragter Priv.-Doz. Dr. J. Franzke		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 2b, Angewandte Plasmaphysik (PHY7220b)					
Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik					
Turnus: 2-jährig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.	Credits: 3 + 2	Aufwand: (90 + 60) h = 150 h	
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung Angewandte Plasmaphysik	V	3	2
	2	Lehrstuhl-Experiment	P	2	
2	Sprache der Lehrveranstaltung: Deutsch				
3	Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): 2.Physik gepulster und kontinuierlicher Plasmen, Plasmadiagnostik, Nieder und Hochdruckplasmen, analytische Plasmen: Glimmentladungen, Bögen, induktiv gekoppelte Plasmen, Dielektrisch Behinderte Entladungen, Lasererzeugte Plasmen; Plasma Emissionsspektrometrie und PlasmaMassenspektrometrie Lehrstuhlexperiment: Absorptionsspektrometrie, Emissionsspektrometrie				
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik IV				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik Von den Modulen „Physikalisch-Chemische Analytik 1b, 2b und 3b“ kann nur eines gewählt werden. Das zugehörige a-Modul kann dann nicht mehr gewählt werden.				
9	Modulbeauftragter Priv.-Doz. Dr. J. Franzke		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 3b, Angewandte Laserspektrometrie (PHY7221b)					
Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik					
Turnus: 2-jährig		Dauer: 1 Semester		Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.	
				Credits: 3 + 2	
				Aufwand: (90 + 60) h = 150 h	
1 Modulstruktur					
Nr.		Element / Lehrveranstaltung		Typ	
				Credits	
				SWS	
1		Vorlesung Angewandte Laserspektrometrie		V	
2		Lehrstuhl-Experiment		P	
2		Lehrveranstaltungssprache: Deutsch			
3		Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): Der Laser als spektroskopisches Instrument; Absorptions, Fluoreszenz und Ionisationsspektrometrie mit Lasern; hochauflösende Spektrometrie mit Lasern; optoakustische und optothermische Methoden; Obeflächenplasmonen-resonanzspektrometrie; Oberflächenverstärkte Ramanspektroskopie; Laserionisationsmassenspektrometrie (RIMS, MALDI, etc.) Lehrstuhlexperiment: Absorptionsspektrometrie, Emissionsspektrometrie			
4		Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.			
5		Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung			
6		Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung			
7		Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik IV			
8		Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik Von den Modulen „Physikalisch-Chemische Analytik 1b, 2b und 3b“ kann nur eines gewählt werden. Das zugehörige a-Modul kann dann nicht mehr gewählt werden.			
9		Modulbeauftragter Priv.-Doz. Dr. J. Franzke		Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Angewandte Physik in der klinischen Medizin (PHY7226)					
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.); Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: jährlich im WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1./2. Semester (M.Sc.)	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Seminar	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte 1. Physik als Pflicht für den Arzt (Strahlenschutz, Medizinproduktegesetz) 2. Technische Geräte in Diagnostik und Therapie 3. Gehirn, Auge, Ohr 4. Hals 5. Lunge 6. Herz 7. Visceralchirurgie I (Speiseröhre, Magen Darm) 8. Visceralchirurgie II (Leber, Galle, Bauchspeicheldrüse) 9. Unfallchirurgie 10. Orthopädie 11. Angiologie				
4	Kompetenzen Grundlegende Kenntnisse der angewandten Physik in der klinischen Medizin gemäß der Lehrinhalte. Die Seminare sind so aufgebaut, dass zunächst die Anatomie und Physiologie, die Pathophysiologie und dann die typischen Erkrankungen besprochen werden und inwieweit die Physik in Diagnostik und Therapie Anwendung findet. Wenn möglich, wird insbesondere auf das mögliche Betätigungsfeld des Medizinphysikers hingewiesen.				
5	Prüfungen Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung: die Voraussetzungen werden vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: Klausur oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Experimentalphysik 1-3. Medizinphysik 1,2 hilfreich, aber nicht notwendig				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc.) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)				
9	Modulbeauftragte/r Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Bauer		Zuständige Fakultät Physik		

Module: Quantum simulation with cold atoms and molecules (PHY7236)				
Degree Program: Physics (M.Sc.)				
Frequency: Winter term	Duration: 1 semester	Semester: 1st sem.	Credits 3	Work load 90 h

1	Module structure				
	No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
	1	Seminar	S	3	2
2	Language: English				
3	Content Modern topics of quantum simulation with cold atoms and molecules, such as degenerate quantum gases, laser cooling, Feshbach resonances, degenerate molecules, optical lattices, quantum gas microscopes, Hubbard models, and artificial gauge fields.				
4	Learning outcome Students learn modern topics in experiments with ultracold atoms and molecules. In the seminar talks, students learn to present complex scientific issues and methodologies in an understandable way. Through discussions, they learn basic principles of scientific exchange and discourse.				
5	Examination Module examination: Graded own presentation (30 min + 15 min discussion)				
6	Participation requirements				
7	Module type Elective module				
8	Responsible Prof. E. Narevicius Prof. C. Weitenberg		Faculty in charge Department of Physics		

Modul: Astroteilchenphysik (PHY823)					
Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.); Medizinphysik (B.Sc., M.Sc.)					
Turnus: regelmäßig im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem (M.Sc)	Credits 6	Aufwand 180 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit integrierter Übung	V+Ü	6	4
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: <u>Kosmische Strahlung:</u> Kerne, Elektronen, Photonen, Neutrinos, Nachweis energiereicher Teilchen, Beschleunigungsmechanismen, Propagation der Teilchen durch das interstellare Medium, Interaktion und Zerfall, galaktische Magnetfelder, kosmische Hintergrundstrahlung, Infrarothintergrund, kosmologische Aspekte, Stern- und Galaxienentstehung. <u>Astrophysikalische Quellen:</u> Überreste von Sternexplosionen, kompakte Objekte (schwarze Löcher, Neutronensterne), Stoßwellen in der abgestoßenen Sternenhülle, Molekülwolken, Starburst – Galaxien, Galaxienhaufen, Supernovae, Binärsysteme, Mikroquasare, Kerne aktiver Galaxien, Gamma Ray Bursts. <u>Teilchenphysikalische Quellen:</u> Spallation, Dunkle Materie (WIMPs), Topologische Defekte, Monopole, Protonzerfall, Axionen, <u>Teilchenphysikalische Messungen:</u> inklusive Wirkungsquerschnitte, Energieverlust im Medium, Neutrinooszillationen, Physik bei höchsten Energien. <u>Nachweisinstrumente:</u> optische Teleskope, Radioteleskope, Luftschaueranlagen, Gamma-Ray-Teleskope, Neutrino-Teleskope, Satellitenexperimente, Niederenergieidetektoren. <u>Praktische Konsequenzen:</u> biologische Auswirkungen, technologische Konsequenzen Literatur: Astroteilchenphysik. Das Universum im Licht der kosmischen Strahlung, Claus Grupen. Springer, Heidelberg 2000. Teilchenastrophysik. Hans Volker Klapdor-Kleingrothaus, Kai Zuber, Stuttgart 1997. Astroparticle Physics: Theory and Phenomenology, Günter Sigl, Atlantis Press 2016. Cosmic Rays and Particle Physics, Thomas Gaisser, Cambridge 2016. Cosmic Ray Astrophysics, Reinhard Schlickeiser, Berlin Heidelberg New York 2002, An Introduction to Modern Astrophysics, Bradley W. Carroll, Dale A. Ostlie, Reading, Menlo Park New York				
4	Kompetenzen Die Studierenden erlernen Inhalte aus dem Grenzbereich zwischen Astronomie, Kern- und Teilchenphysik und Kosmologie und deren interdisziplinäre Diskussion. Erlern werden auch auf dem Zusammenspiel von Theorie und Experiment beruhende Argumentationstechniken. Anhand von phänomenologischen Rechnungen wird erlernt, die Tragweite von Experimenten zu planen und zu prüfen.				
5	Prüfungen Studienleistungen: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen.Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung, wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: schriftlich oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Strukturanalyse mit Röntgenstrahlung (PHY829)					
Studiengang: Physik (BSc/M.Sc.), Medizinphysik (BSc/M.Sc.)					
Turnus: jährlich im SoSe		Dauer: 2 Wochen Blockkurs	Studienabschnitt: 1./2. Sem. (M.Sc.)	Credits 5	Aufwand 150 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Blockkurs	V	3	2
	2	Übungen und Selbststudium	Ü	2	1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte				
	Struktur idealer Kristalle: Beschreibung periodischer Strukturen, fundamentale Gitterarten, Netzebenen, Beispiele für einfache Kristallstrukturen. Röntgenstrukturanalyse: Beugung von Wellen am Kristall, Laue-Interferenzfunktion, reziprokes Gitter, Verfahren der Röntgenstrukturanalyse, Strukturfaktor, Phasenproblem, nicht-ideale Kristallstrukturen, amorphe Strukturen, Streuung an der Oberfläche. Spezielle Röntgentechniken: Röntgenreflektometrie, Röntgenkleinwinkelstreuung, Absorptionsspektroskopie, Fluoreszenzspektroskopie, Röntgen-Raman-Streuung Moderne Röntgenquellen: Röntgenröhre, Synchrotronstrahlungsquellen, Röntgenlaser				
4	Kompetenzen Die Studierenden erlernen die grundlegende Beschreibung von Kristallstrukturen, die Grundlagen der Strukturaufklärung mit Röntgenstrahlung und verschiedene Anwendungen der entsprechenden experimentellen Verfahren. Sie gewinnen einen Überblick über die unterschiedlichen Röntgen-Methoden, die man zur Strukturaufklärung kristalliner und nicht-kristalliner Systeme heranziehen kann.				
5	Prüfungen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulprüfung; wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Grundkenntnisse Physik I-IV, Festkörperphysik / Struktur der Materie				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach				
9	Modulbeauftragte/r Dr. C. Sternemann, Dr. M. Paulus		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Laser in der Medizintechnik					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Semester	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	2	1
	2	Übungen	Ü	1	1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Grundlagen der Optik (Geometrische und Wellen-Optik, Abbildungen), ^{[1][SEP]} Grundlagen der Laserphysik (Lasertypen, Wechselwirkung mit biologischem Gewebe), Operationsmikroskopie, Endoskopie, Fluoreszenzmethoden zur Diagnostik und Therapie, Augentherapie (Grundlagen Auge, Sehfehler, ^{[1][SEP]} Refraktion und Aberration, Kohärenztomographie, Lasermethoden zur Vermessung und Therapie des Auges), weitere Anwendungen z.B. Behandlung von Narben, Entfernung von Tätowierungen, etc.				
4	Literatur: Meschede, Optics, Light, and Lasers Wang, Wu, Biomedical optics ^{[1][SEP]} Saleh, Teich, Fundamentals of Photonics				
5	Kompetenzen: Das Modul soll einen Einblick geben in das Potential, das Lasersysteme ^{[1][SEP]} für die Diagnose und Behandlung von Krankheiten momentan und künftig bieten. Dazu werden die Grundlagen von Optik und Laserphysik wiederholt und ^{[1][SEP]} vertieft, und eine Übersicht über die Einsatzgebiete entsprechender ^{[1][SEP]} Verfahren in der Medizin gegeben.				
6	Prüfungsformen und –leistungen: Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Eines der Module Experimentalphysik I oder II muss bestanden sein.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Strahlentherapie und Dosimetrie					
Studiengang: B.Sc. Medizinphysik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Semester	Credits 6	Aufwand 180 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	4	2
	2	Übungen	Ü	2	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte: Einführung in die Grundlagen der klinischen Dosimetrie, Überblick über Therapieformen der Brachytherapie und Protonentherapie am Auge, ^{SEP} Grundbegriffe und Definitionen der klinischen Dosimetrie, Sekundärelektronengleichgewicht, Hohlraumtheorie, Bragg-Gray-Theorie, Detektoren, Typen klin. Dosimeter, Dosimeter für spezielle Anwendungen, Modalitäten der Brachytherapie, Therapieindikationen, Zielvolumenlokalisation, Therapieplanung, Therapie-durchführung, Applikatoren und Applikationsformen, Afterloading-Brachytherapie, intravaskuläre Brachytherapie, Augentumor-Brachytherapie, Protonentherapie am Auge, Forschungsprojekte im Bereich der Brachytherapie				
4	Literatur: Strnad, Pötter, Kovács, Stand und Perspektiven der klinischen Brachytherapie, Reich (Hrsg), Dosimetrie ionisierender Strahlung, ^{SEP} Nath, Anderson, Luxton et al., Dosimetry of interstitial brachytherapy sources: Recommendations of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 43				
5	Kompetenzen: Die Studierenden erhalten einen Einblick in die physikalischen Grundlagen der klinischen Dosimetrie, die Anwendung von Dosimetern im Rahmen typischer klinischer Aufgabenstellungen und die damit verbundenen Probleme. Die Eigenschaften spezieller Dosimetriesysteme, zum Beispiel für die Brachytherapie, werden diskutiert. Es wird ein Einblick in die medizinischen und physikalischen Grundlagen der Brachytherapie geboten. Exemplarische Schwerpunkte sind dabei die Afterloading-Therapie mit Gammastrahlungsquellen und die Therapie von Augentumoren mit Beta- und Niederenergie-Gammastrahlungsquellen. Die Studierenden werden dabei auch mit typischen klinischen Behandlungssituationen konfrontiert. Als Alternative zur Brachytherapie am Auge werden Methoden der Protonentherapie diskutiert. Im Rahmen eines Mini-Praktikums am Universitätsklinikum werden die Bestrahlungseinrichtungen, Planungssysteme und Dosimeter für die Brachytherapie demonstriert. Exemplarisch können die Studenten ausgewählte Problemstellungen selbst bearbeiten.				
6	Prüfungsformen und -leistungen Mündliche Modulprüfung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus Experimentalphysik I-III, Medizinphysik I-II, Grundpraktikum				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Ethik der Naturwissenschaften					
Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)					
Turnus: Wintersemester		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1.-2. Sem.	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Seminar	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte 1. Historische Positionen: Aristoteles (Grundlegung der Diskussion in der „Nikomachischen Ethik“), Kant (Der kategorische Imperativ in der Metaphysik der Sitten und Kritik der praktischen Vernunft), Schopenhauer (Naturwissenschaft und Ethik in der „Welt als Wille und Vorstellung“), Lange (Ethik und Materialismus in der „Geschichte des Materialismus“) 2. Grundlagen der gegenwärtigen Diskussion: Günther Anders (Die Antiquiertheit des Menschen) Hans Jonas („Das Prinzip Verantwortung“; „Technik, Medizin und Ethik“) 3. Physik im Krieg: Die Farmhall-Protokolle (Bernstein, „Hilters Uranium Club“), Navasky, Ethische Funktion des Krieges („Report from Iron Mountain“), Robert Jungk („Heller als tausend Sonnen“) 4. Spezialthemen zur ethischen Verantwortung in der Medizin und Neurowissenschaft: z.B. Verteilungsprobleme bez. medizintechnischer Ressourcen (Geräte, Medikamente); Apparate abschalten? Leben künstlich verlängern? Organtransplantation/Hirntod-Kriterium? Präimplantations-Diagnostik? Hirndoping? Literatur dazu: Dieter Sturma, Bert Heinrichs (Hrsg.) (2015) Handbuch Bioethik. Metzler; Biller-Andorno, N., Monteverde, S., Krones, T., Eichinger, T. (Hrsg.) Medizinethik. Springer; Armin Grunwald (Hrsg.): Handbuch Technikethik (2013) Metzler; Stoecker, Ralf, Neuhäuser, Christian, Raters, Marie-Luise (Hrsg.); Handbuch angewandte Ethik (2011) Metzler; Europäische Enzyklopädie zu Philosophie und Wissenschaften, Meiner (1990), weitere Ressourcen: Material des dt. Ethikrats, des DRZE (Deutsches Referenzzentrum für Ethik in den Biowissenschaften) etc.				
4	Kompetenzen Die Studierenden erwerben durch Selbststudium zu ihrem eigenen Vortrag, durch die weiteren Vorträge und begleitenden Diskussionen ein vertieftes Wissen über die Begründung von Grundpositionen der Ethik und deren Anwendungsmöglichkeit in Hinblick auf Entscheidungsprobleme bei naturwissenschaftlich bzw. technisch induzierten Problemen. Dazu erwerben Sie die Fähigkeit, Fachtexte aus dem Gebiet der Philosophie inhaltlich zu erarbeiten und die für die Physik bzw. Naturwissenschaften relevanten Kernfragen herauszuarbeiten und auf die gegenwärtige gesellschaftliche Situation zu beziehen. Sie sind in der Lage, sich in ein komplexes Gebiet selbständig einzuarbeiten und die wesentlichen Inhalte verständlich zu präsentieren. Dabei verfügen Sie über Kenntnisse moderner Präsentationstechniken und können diese einsetzen. Sie können in einer wissenschaftlichen Diskussion ihren Standpunkt verteidigen.				
5	Prüfungen Studienleistung: Seminarvortrag Modulprüfung: wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.				
6	Prüfungsformen und -leistungen ☒ Modulprüfung: schriftlich oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen keine				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- und Masterstudiengang Physik, Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r Prof. Dr. Dr. W. Rhode, Prof. Dr. B. Spaan		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Introduction to Optical Properties of Solids (PHY725)**Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)**

Turnus: unregelmäßig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr	Credits 3	Aufwand 90 h
--------------------------------	-----------------------------	---	---------------------	------------------------

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: English				
3	Lehrinhalte Classical propagation of light: Propagation of light in a dense optical medium, the dipole oscillator model (Lorentz oscillator), the Kramers-Krönig relationships, dispersion, optical anisotropy: birefringence Absorption: Interband transitions, band edge absorption in direct gap semiconductors. band edge absorption in indirect gap semiconductors, interband absorption above the band edge Luminescence: light emission in solids, photoluminescence, electroluminescence Excitons: the concept of excitons, free excitons (Mott–Wannier), free excitons in external fields, free excitons at high densities, tightly bound (Frenkel) excitons Phonons: infrared active phonons, infrared reflectivity and absorption in polar solids, polaritons, polarons, Raman scattering, Brillouin Semiconductor quantum wells: Quantum confined structures, electronic levels, optical absorption and excitons, the quantum confined Stark effect, optical emission, intersubband transitions Literatur: C. Klingshirn, Semiconductor Optics, P. Yu and M. Cardona, Fundamentals of Semiconductors; M. Fox, Optical properties of Solids; J. Shah, Ultrafast Spectroscopy of Semiconductors and their Nanostructures.				
4	Kompetenzen Students will gain insight into the physical principles of optical properties of different classes of materials by learning basic experimental methods of solid state spectroscopy and their application possibilities in basic research and industry. The lecture ties in with fundamental physics problems and shows students their relevance for modern applications. The understanding of traditional and modern spectroscopic methods is complemented by direct examples.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Festkörperphysik und Elektromagnetismus				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach				
9	Modulbeauftragte(r) Prof. M. Betz		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Maschinelles Lernen für Physiker*innen (PHY626)				
Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.), Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.)				
Turnus: im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc) 1./2. Sem (M.Sc)	Credits 4	Aufwand 120 h
1	Modulstruktur: 2 SWS Seminar			
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch			
3	Lehrinhalte In diesem Seminar werden unterschiedliche Methoden und Anwendungen des maschinellen Lernens vorgestellt, um dann in praktischen Übungen von den Studierenden direkt benutzt werden zu können. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf Deep-Learning-Methoden, wie zum Beispiel tiefe neuronale Netze (DNNs), faltende neuronale Netze (CNNs) und rückgekoppelte neuronale Netze (RNNs). Die Übungen werden in Jupyter Notebooks durchgeführt und es werden moderne Software-Bibliotheken wie Keras, Tensorflow und Scikit-Learn verwendet.			
4	Kompetenzen Die Teilnehmer lernen moderne Methoden des maschinellen Lernens auf vorgegebene Probleme anzuwenden. Die erlernten Methoden werden dann auf ein selbst gestelltes Datenanalyse-Problem angewendet und sowohl die Lösung als auch die Ergebnisse in einem Projektbericht dokumentiert.			
5	Prüfungen Benoteter Projektbericht			
6	Prüfungsformen und –leistungen Studienleistungen: Bearbeitung der Übungsaufgaben sowie Vorstellung der Lösungen Prüfungsleistung: Eigenständige Projektarbeit, die ein Problem mit Hilfe von modernen maschinellen Lernmethoden löst.			
7	Teilnahmevoraussetzungen: Grundkenntnisse in Linearer Algebra, Statistik und Python, wünschenswert ist die Vorlesung 'Statistische Methoden der Datenanalyse'			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach			
9	Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik		Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Anwendungen des Maschinellen Lernens in der Medizinphysik (PHY6211)				
Studiengang: Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.), Physik (M.Sc., B.Sc.)				
Turnus: im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc) 1. Studienjahr (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur 2 SWS Seminar			
2	Lehrveranstaltungssprache Deutsch oder Englisch			
3	Lehrinhalte Maschinelles Lernen findet in vielen Bereichen der Medizin seit Jahren eine zunehmende Anwendung und hat das Potential diese sogar völlig zu verändern. Schon heute sind Methoden des maschinellen Lernens beispielsweise in der Diagnostik mithilfe bildgebender Verfahren von großer Bedeutung. Dort helfen Methoden des maschinellen Lernens behandelnden Medizinern dabei, die hochkomplexen Daten auszuwerten, um präziser und schneller eine Diagnose zu stellen. Aber auch in anderen Bereichen, wie zum Beispiel der Therapieplanung, der Behandlung oder sogar in der Entwicklung von wirksamen Medikamenten, kann maschinelles Lernen effizient eingesetzt werden, um nicht nur Kosten und Zeit zu sparen, sondern letztlich den Patienten die bestmögliche Versorgung zu ermöglichen. In diesem Seminar werden Sie zunächst einen Überblick über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten des maschinellen Lernens in der Medizin bekommen. Darüber hinaus werden Sie ein ausgewähltes Thema wissenschaftlich recherchieren, einen tieferen Einblick und Verständnis bekommen und anschaulich als Vortrag aufarbeiten und präsentieren. Der zentrale Fokus liegt bei diesen Seminarvorträgen auf den medizin-physikalischen Anwendungen, weniger auf den technischen Aspekten des maschinellen Lernens. Zusätzlich zu den Seminarvorträgen bereiten wir kurze Vortragseinschübe vor, in denen wir die technischen Aspekte des maschinellen Lernens in den jeweiligen Anwendungen näher durchleuchten und ohne nötiges Vorwissen erklären.			
4	Kompetenzen Die Teilnehmer bekommen einen Überblick über aktuellen Themen der Medizin, in denen moderne Methoden des maschinellen Lernens eingesetzt werden. Sie erlernen ein wissenschaftliches Thema zu recherchieren und in einem verständlichen Vortrag einem Publikum zu präsentieren. Zusätzlich bekommen Sie Einblicke wie moderne Algorithmen des maschinellen Lernens funktionieren.			
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen in den Seminarstunden Modulprüfung: Benoteter, eigenständig recherchierter und herausgearbeiteter Seminarvortrag			
6	Prüfungsformen und –leistungen ■ Modulprüfung: Benoteter Seminarvortrag			
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse in der Medizinphysik, wünschenswert ist die Vorlesung 'Statistische Methoden der Datenanalyse'			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul			
9	Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik		Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Einführung in die Festkörperphysik (PHY521)					
B.Sc.-Studiengang: Physik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Semester	Credits 9	Aufwand 270 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Einführung in die Festkörperphysik	V	6	4
	2	Übungen zur Einführung in die Festkörperphysik	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Grundlagen der Festkörperphysik, mit Schwerpunkt auf kristallinen Systemen; Phänomenologie, theoretische Ansätze und experimentelle Techniken. Symmetrie und Struktur; Bindungen im Festkörper; Gitterschwingungen und Phononen; Freie Elektronen; Fast freie Elektronen: Bandstrukturen; Halbleiter; Magnetismus; Supraleitung. Synchrotronstrahlung und Anwendungen. <u>Literatur:</u> K. Kopitzki: Einführung in die Festkörperphysik; Ch. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik; N. Ashcroft, N. Mermin: Solid state physics; Ibach-Lüth; Festkörperphysik.				
4	Kompetenzen Die Studierenden kennen die wichtigsten Stoffklassen, und können die wichtigsten mikroskopischen Modelle zur Diskussion der relevanten Phänomene verwenden. Hierzu zählen die Symmetrieklassen im Kristallbau, und deren Kenntnis als Ausgangspunkt für die folgenden elektronischen Eigenschaften, die sich an den Kristallsymmetrien orientieren. Der kompetente Umgang mit dem Kristallbau ermöglicht den Zugang zum qualitativen Verständnis der möglichen Gitterschwingungen. Darauf aufbauend werden vertiefte Kenntnisse zur elektronischen Struktur und moderne Verfahren zu deren Berechnung erworben. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Hausaufgaben Modulprüfung: Benotete Modulklausur (180 min).				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: Klausur ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik I-IV				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik (PHY522)					
B.Sc.-Studiengang: Physik					
Turnus: jährlich zum WS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Semester B.Sc.	Credits 9	Aufwand 270 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik	V	6	4
	2	Übungen zur Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik	Ü	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Detektoren in der Kern- und Teilchenphysik, Dosimetrie, Beschleuniger Kernphysik: Eigenschaften von Kernen, Kernmodelle (z.B. Tröpfchenmodell, Schalenmodell), Kernzerfälle, Kernfusion und –spaltung, Kernreaktoren Teilchenphysik: additive Quantenzahlen, Isospin, Quarkmodell, Diskrete Symmetrien (inkl. P-, CP-, und T-Verletzung) , Eigenschaften von Leptonen, Quarks, Hadronen und Eichbosonen, CKM-Matrix, Schlüsselexperimente, Eigenschaften der fundamentalen Wechselwirkungen, Überblick über das Standardmodell der Teilchenphysik, aktuelles Forschungsprogramm der Teilchenphysik, Verbindung zur Kosmologie Literatur: T. Mayer-Kuckuck; „Kernphysik – Eine Einführung“, B. Povh, K. Rith, C. Scholz, F. Zetsche; „Teilchen und Kerne – Eine Einführung in die physikalischen Konzepte“, W.S.C. Williams; „Nuclear and Particle Physics“, H. Frauenfelder, E.M. Henley; „Teilchen und Kerne, Subatomare Physik“, A. Das, T. Ferbel; „Kern- und Teilchenphysik“, D. Griffith; „Introduction to Elementary Particles“, D.H. Perkins, „Hochenergiephysik“, Ch. Berger; „Elementarteilchenphysik“				
4	Kompetenzen Die Studierenden kennen die Grundlagen der Kern- und Teilchenphysik und können die Quantenmechanik zur Beschreibung zahlreicher Phänomene anwenden. Sie sind mit den experimentellen Methoden zum Nachweis von Kern- und Teilchenreaktionen vertraut, haben einen Überblick über Kernphysik, Radioaktivität, Grundlagen der Kernenergie, das Standardmodell der Teilchenphysik und über den aktuellen Stand der Forschung auf dem Gebiet der Teilchenphysik. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.				
5	Prüfungen Studienleistungen: Hausaufgaben. Modulprüfung: Benotete Modulklausur (180 min).				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: Klausur ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik I-IV, Experimentelle Übungen I/II				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Literaturseminar Ultrakurzzeitphysik (PHY5214)					
Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc)					
Turnus: nach Bedarf im WS oder SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5.–6. Sem. (B.Sc) 1.–4.. Sem. (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Seminar	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Wir besprechen zusammen jede Woche eine grundlegende oder aktuelle Veröffentlichung eines bekannten wissenschaftlichen Journals wie <i>Science</i> und <i>Nature</i> aus dem Gebiet der Attosekunden- oder Röntgenphysik . Auch wenn diese Artikel durchweg interessant sind, sind sie doch auch typischerweise sehr kompakt gehalten und dadurch oft nicht leicht zu verstehen. Unsere gemeinsame Diskussion im Journal-Club verspricht einen angenehmeren (ersten?) Zugang zur Fachliteratur als das einsame Studium daheim.				
4	Kompetenzen Ein Student stellt am Anfang des Seminars den jeweiligen Artikel kurz vor (mit Folien, an der Tafel, mit Tischvorlage), anschließend wird darüber in der gesamten Runde diskutiert. Ziel ist die Entwicklung eines tiefergehenden Verständnisses der beschriebenen Zusammenhänge und das Herausbilden einer selbständigen Herangehensweise ans Fachliteraturstudium. Auch wissenschaftliche Fragen, die nicht in direkten Zusammenhang mit dem Artikel stehen, können jederzeit behandelt werden. Für eine ergiebige Diskussion sollten auch die nicht vortragenden Teilnehmer den Artikel schon vor dem Seminar studiert haben.				
5	Prüfungen Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag bei der Vorstellung der Veröffentlichung.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: Eigener Vortrag ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse in Optik und Laserphysik.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik, Medizinphysik oder im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik				
9	Modulbeauftragte/r Jun.-Prof. W. Helml/Prof. S. Khan		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Halbleiterphysik (PHY6213)					
Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc., M. Sc.)					
Turnus: nach Bedarf im SS		Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc)	Credits 5	Aufwand 150 h
1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	5	3
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Die Vorlesung deckt die wichtigsten Aspekte der Physik kristalliner Halbleiter ab. Zudem werden einige zentrale Halbleiterbauelemente diskutiert. Konkret werden die folgenden Themen behandelt: Halbleiter: Kristallstrukturen, Gitterschwingungen Elektronische Bandstruktur wichtiger Halbleitermaterialien Defektzustände und elektrischer Transport Optische Eigenschaften von Halbleitern Heterostrukturen/Nanostrukturen: Herstellung und Eigenschaften Einfluss externer Felder: Stark-Effekt, Quanten-Hall-Effekt Halbleiterdioden: Bandschema und elektrische Eigenschaften Optoelektronische Bauelemente: Photodioden, LED, Halbleiterlaser Bipolar- und Feldeffekt-Transistoren Die Vorlesung orientiert sich hierbei an dem Buch: M. Grundmann, The Physics of Semiconductors: An Introduction Including Nanophysics and Applications				
4	Kompetenzen Die Studierenden können die Konzepte der modernen Halbleiterphysik anwenden, um die Wirkungsweise moderner Halbleiterbauelemente und die Physik von Halbleiter-Nanostrukturen zu verstehen. Zudem lernen die Studierenden Konzepte, um die Eigenschaften von Halbleiterheterostrukturen zu beschreiben und eigenständig Probleme aus der Halbleiterphysik zu lösen.				
5	Prüfungen Modulprüfung: mündliche Prüfung (30 min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse in der Festkörperphysik (Einführung in die Festkörperphysik bzw. Struktur der Materie)				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r Prof. M. Betz		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Seminar Photovoltaik (PHY5216)				
Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc., M. Sc.), Studierende anderer Fachbereiche im Rahmen des Zertifikats Nachhaltigkeit (studium oecologicum)				
Turnus: nach Bedarf im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Sem. (B.Sc) 1. Sem. (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Seminar	S	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Das Seminar behandelt die physikalischen Grundlagen der Photovoltaik. Neben diesen Grundlagen werden Methoden der Analytik und Optimierung photovoltaischer Systeme sowie der technischen Umsetzung diskutiert. Insbesondere für fachfremde Studierende werden auch Vorträge zu aktuellen, politisch diskutierten Themen wie intelligente Stromnetze angeboten. Konkret ist eine Behandlung folgender Themen angedacht: - optische Eigenschaften konventioneller Halbleiter - Dotierung, p-n- und p-i-n-Übergänge - solare Strahlung, Schottky-Queisser-Limit - Design realer Solarzellen, Optimierung des Füllfaktors - Multi-Junction-Solarzellen - Beschichtungen und Nanostrukturierung: Optimierung des Wirkungsgrads - Solarzellen aus organischen Halbleitern - neuartige Solarzellen: Dünnschichtsolarzellen, Perovskite - kommerzielle Aspekte der Photovoltaik - Herausforderungen und Chancen der Integration von Solarstrom in die bestehende Strom netzinfrastruktur				
4	Kompetenzen Die Studierenden wenden die Konzepte der modernen Halbleiterphysik an, um die Wirkungsweise moderner Solarzellen und deren Optimierung zu verstehen. Diese Themen werden in den Kontext nachhaltiger Technologien und erneuerbarer Energieformen eingebettet.				
5	Prüfungen Modulprüfung: benoteter Seminarvortrag				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Für eine Reihe von Themen sind Grundkenntnisse in der Festkörperphysik (Einführung in die Festkörperphysik bzw. Struktur der Materie) erforderlich.				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen der Fakultät Physik; Wahlmodul im Zertifikat Nachhaltigkeit				
9	Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Fakultät Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Streumethoden in der Festkörperphysik (PHY5217)				
Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc., M. Sc.)				
Turnus: nach Bedarf im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5. Sem. (B.Sc) 1. Sem. (M.Sc)	Credits 5	Aufwand 150 h

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	5	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Die Vorlesung deckt die wichtigsten Aspekte der Physik kristalliner Halbleiter ab. Zudem werden einige zentrale Halbleiterbauelemente diskutiert. Konkret werden die folgenden Themen behandelt: 1. Streuung: Wiederholung 2. Erzeugung von Synchrotronstrahlung 3. Röntgenstreuung: Grundlagen 4. Röntgenstreuung an Oberflächen und Grenzflächen 5. Röntgenreflektivität 6. Röntgenabsorptionspektroskopie 7. Freie Elektronenlaser 8. Erzeugung von Neutronen 9. Besonderheiten der Neutronen- und Vergleich mit Röntgenstreuung 10. Kleinwinkelstreuung mit Neutronen und Röntgenstrahlung 11. Inelastische Neutronen- und Röntgenstreuung Die Vorlesung orientiert sich hierbei an den Büchern: Elements of modern X-ray physics, J Als-Nielsen, D McMorrow Introduction to the Theory of Thermal Neutron Scattering, G. L. Squires X-ray and neutron reflectivity: principles and applications: J Dailant, A Gibaud X-ray scattering from soft-matter thin films: M Tolan X-Ray Diffraction Modern Experimental Techniques: Oliver Seeck, Bridget Murphy				
4	Kompetenzen Die Studierenden können die Konzepte der modernen Streumethoden anwenden, um die Wirkungsweise moderner Röntgen und Neutron Streumethoden um die Physik von Festkörper zu verstehen. Zudem lernen die Studierenden Konzepte, um die Eigenschaften von Streumethoden zu beschreiben und einzusetzen Probleme aus der Festkörperphysik zu lösen.				
5	Prüfungen Modulprüfung: mündliche Prüfung				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse in der Festkörperphysik (Einführung in die Festkörperphysik bzw. Struktur der Materie)				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r PD Dr. Bridget Murphy		Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Physik des Lebens (BP12)				
Studiengang: Medizinphysik (B.Sc., M.Sc.), Physik (B.Sc, M.Sc),				
Turnus: nach Bedarf im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 5./6. Sem. (B.Sc) 1./2. Sem. (M.Sc)	Credits 6	Aufwand 180 h

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit Übung	V+Ü	6	3 + 1
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte i) Thermodynamik, Phasenumwandlungen und kritische Phänomene in der Biologie. Rolle der Fluktuationen, Landau-Ginzburg, Verbindung zu allen anderen Gebieten ii) Mechanik der Zelle: Elastizität von Schalen, Helfrich-Theorie, Benetzung, Zelladhesion nach Sackmann, Abknospung Linienstension. iii) Elektrostatik an Biopolymeren und Membranen: Poisson-Boltzmann, Gouy Chapmann, Kopplung zu Phasenumwandlungen iv) Polymertheorie: Gauss und Flory Kette, Dynamik (Rouse und Zimm), De Gennes, Reptation, Semiflexible Polymer v) Viskoelastizitätstheorie von Biopolymernetzwerken/Zytoskelet. Affine Netze, Skalenargumente, Rubber-Plateau, Dynamik und Elastizität vi) Leben bei kleinen Reynoldszahlen. Mikrowimmer, Reversibilität, Slender Body Theorie (Spermien, Bakterien, Pantoffeltierchen, Lunge,...) vii) Nicht-lineare Phänomene. (gekoppelte) Nichtlineare Oszillatoren (Hören), Solitonen, Anwendung Nerven, Herz... viii) Evolutionstheorie				
4	Kompetenzen Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls • können Studierende physikalische Konzepte der Hydrodynamik, Elastizitätstheorie, Thermodynamik/Statistik und Elektrodynamik interdisziplinär auf Fragestellung der Biologischen und Medizinischen Physik (v.a.) auf mesoskopischer und makroskopischen Skala anwenden. • haben Studierende in den Übungen gelernt, Probleme aus dem interdisziplinären Themenbereich biologische Physik und Physiologie eigenständig als physikalisches Problem zu erfassen, zu lösen und in der Gruppe zu diskutieren.				
5	Prüfungen Studienleistung: Übungsaufgaben. Modulprüfung: Benotete Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.				
6	Prüfungsformen und -leistungen ☒ Modulprüfung: Klausur oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Physik I-III oder äquivalent				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor-/Masterstudiengang Physik und Bachelorstudiengang Medizinphysik M.Sc Medizinphysik: siehe Modulhandbuch				
9	Modulbeauftragte/r Prof. M. Schneider		Zuständige Fakultät Physik		

Module: Seminar: Introduction to particle accelerator physics (PHY422)						
Degree program: Physics (B.Sc.) and Medical Physics (B.Sc.)						
Frequency summer semester		Duration 1 semester	Semester fourth to sixth sem.		Credits 3	Work load 90 h
1	Module structure					
	No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week	
	1	seminar	S	3	2	
2	Language: English					
3	Content The students will get familiar with the basics of accelerator physics. For this purpose, face to face lectures will be taught. The students will complement the lectures with their own research on a related proposed topic to be presented by the end of the seminar. In order to prepare this presentation additional material such as scientific papers or presentations will be provided. The Students thus acquire the skills in the field of accelerator physics through the following topics: History and applications of the accelerators Medical applications of accelerators How do accelerators work? Components of an accelerator: magnets, beam diagnosis, injection systems. Introduction to accelerator physic concepts: Longitudinal beam dynamics, phase focusing, Linear, transverse beam dynamics, transport matrices, twiss parameters, beam properties, Periodic Systems and Beam Stability and Chromatic effects, synchrotron radiation and applications, radiation effects Excursion: visiting an accelerator					
4	Learning outcome The participants will carry out independent research on the suggested topic in order to complete the material taught during the seminar. This work will be presented to the other participants and actively discussed.					
5	Examination Module examination					
6	Coursework and examination requirements Course work: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation.					
7	Prerequisites None					
8	Module type Elective module					
9	Responsible Prof. A. Velez		Organization Department of Physics			

Module: Introduction to the clinical application of magnetic resonance imaging (PHY 8214)				
Degree Program: Physics (B.Sc, M.Sc), Medical Physics (B.Sc., M. Sc.)				
Frequency: Once per year	Duration: 1 semester	Semester: 5th/6th sem. (B.Sc) 1st/2nd sem. (M.Sc)	Credits 6	Work load 180 h

1	Module structure				
	No.	Element / Course	Type	Credits	Contact hours per week
	1	Lecture (1h)	V	6	4
	2	Exercise Session (1h)	Ü		
	3	Seminar (1h)	S		
4	Clinical Training (1h)	P			
2	Language: English				
3	Content Magnetic resonance imaging (MRI) is a non-ionizing imaging technique. MRI enables multidimensional (2D, 3D, 4D,...) and multicontrast (T_1-, T_2, T_2^*, diffusion, perfusion, susceptibility,...) in-vivo (human or animals) or ex-vivo (forensic, various substances, cell culture) imaging using either exogenous contrast agents or endogenous substances (blood, tissue components). The well-functioning combination of different hardware and software components based on physical and mathematical principles allows the creation of an MRI image that can be used for both scientific and diagnostic purposes. The MRI images can be evaluated either qualitatively or quantitatively. A quantitative evaluation enables both an objective assessment of the MRI images independent of the user's professional experience and the use of appropriate MRI methods in the context of long-term examinations and drug treatments. The focus of this four-part course is on 1) understanding the formation of different image contrasts from a physical point of view, 2) analyzing quantitative MRI images using different programming languages, 3) preparing a scientific presentation on an MRI-related topic based on current literature, and 4) practical experience with the MRI techniques and contrasts presented in the course. Literature: • Mona Salehi Ravesh; Lecture notes, TU Dortmund University, 2024. • Bernstein M. et al; "Handbook of MRI pulse sequences", Academic Press • Haacke M. et. Al.; "Magnetic Resonance Imaging: Physical Principle and Sequence Design", Wiley • Schlegel W. et. Al.; "Medical Physics", Springer • www.pubmed.org • https://mriquestions.com/index.html				
4	Learning outcome The lecture covers the basics of magnetic resonance imaging and MRI weighting (T_1, T_2, T_2^*, perfusion, diffusion weighting), which are necessary for understanding quantitative MRI techniques. As part of exercises, students will implement mathematical-physical methods in a programming language of their choice, which will be used for the quantitative analysis of the MRI methods covered in the lecture. In a seminar, students will be able to extract the essence of selected research articles				

	and present recent advances in the application of quantitative MRI techniques to human imaging. This gives students practical experience and develops their presentation skills, which are essential for future research activities and international conferences. As part of a subsequent practical course, students will be able to perform in vitro (phantom) examinations on a human MRI machine, giving them hands-on experience of the techniques covered and the image contrasts within this course. In addition, they will gain their first experience in producing a phantom that can be used for a specific question (quantitative relaxometry). This will provide students with practical experience and develop their decision-making skills, which are essential for future research activities.	
5	Examination Course credit: Active participation in the exercises, 20-minute seminar presentation, 2-3-page practical report. Module exam: oral exam (30 min)	
6	Forms of examination and performance ☒ Module examination: oral ☐ Partial performance	
7	Participation requirements Knowledge from the courses "Theoretical Physics II" and "Experimental Physics III" is desirable, but not mandatory for understanding the topics in this course.	
8	Module type Elective module	
9	Responsible PD Dr. Mona Salehi Ravesh	Faculty in charge Physics

Quantitative Magnetresonanztomographie: von Spinanregung zum Bild

PHY8215	Credits 6 CP	Workload 180 h	Semester 5./6. Semester	Turnus 1x jährlich	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen a) Vorlesung <i>Quantitative Magnetresonanztomographie: von Spinanregung zum Bild</i> b) Übung zu <i>Quantitative Magnetresonanztomographie: von Spinanregung zum Bild</i> c) Seminar zu <i>Quantitative Magnetresonanztomographie: von Spinanregung zum Bild</i> d) Praktikum zu <i>Quantitative Magnetresonanztomographie: von Spinanregung zum Bild</i>			Kontaktzeit a) 43 h b) 4 h c) 8 h d) 5 h	Selbststudium 90 h	Gruppengröße Studierende a) 15

Teilnahmevoraussetzungen Formal: keine

Inhaltlich: Kenntnisse aus den Lehrveranstaltungen der „Theoretischen Physik II“ und „Experimentalphysik III“ sind erwünscht, aber sie sind nicht zwingend erforderlich für das Verständnis der Themen im Rahmen dieser Lehrveranstaltung.

Vorbereitung: keine

Lernziele (learning outcomes)

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- können Studierende im Rahmen von Übungen selbst in einer Programmiersprache ihrer Wahl mathematisch-physikalische Methoden implementieren, die zur quantitativen Analyse der behandelten MRT-Methoden in der Vorlesung eingesetzt werden. Im Rahmen eines Seminars können die Studierenden die Essenz ausgewählter Forschungsartikel extrahieren und die jüngsten Fortschritte bei der Anwendung von quantitativen MRT-Techniken zur humanen Bildgebung vorstellen. Hierdurch erhalten die Studierenden praktische Erfahrungen und entwickeln ihre Präsentationsfähigkeiten, die für zukünftige Forschungsaktivitäten und internationale Konferenzen unerlässlich sind....
- haben Studierende die Möglichkeit an einem humanen MRT-Gerät in-vitro (Phantom)-Untersuchungen durchführen, wodurch sie die behandelten Techniken und die Bildkontraste im Rahmen dieses Kurses praktisch kennenlernen werden. Zusätzlich werden sie die erste Erfahrung bei der Herstellung eines Phantoms sammeln, das für eine bestimmte Fragestellung (quantitative Relaxometrie) benutzt werden kann. Hierdurch erhalten die Studierenden praktische Erfahrungen und entwickeln ihre Entscheidungsfähigkeiten, die für zukünftige Forschungsaktivitäten unerlässlich sind.

Inhalt

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist ein nichtionisierendes bildgebende Verfahren. Das MRT ermöglicht multidimensionale (2D, 3D, 4D,...) und multikontraste (T_1 -, T_2 , T_2^* , Diffusion, Perfusion, Suszeptibilität,...) in-vivo (human oder Tiere) oder ex-vivo (forensisch, verschiedene Substanzen, Zellkultur) Bildgebung entweder unter Verwendung von exogenen Kontrastmitteln oder mit Hilfe von endogenen Substanzen (Blut, Gewebebestandteile).

Die Fehlerfreie Zusammenstellung von verschiedenen Hardware- und Software-Komponenten basierend auf physikalischen und Mathematischen Prinzipien erlaubt die Entstehung eines MRT-Bildes, das sowohl für wissenschaftlichen Zwecke als auch für die Diagnostik verwendet werden kann. Die MRT-Bilder können entweder qualitativ oder quantitativ bewertet werden. Eine quantitative Bewertung ermöglicht sowohl eine objektive Beurteilung der MRT-

Bilder unabhängig von fachlicher Erfahrung des Anwenders als auch den Einsatz von entsprechenden MRT-Methoden im Rahmen der Langzeituntersuchungen sowie medikamentösen Behandlungen.

Die Foki dieser vierteiligen Lehrveranstaltung liegen in 1) dem Verständnis der Entstehung verschiedener Bildkontraste aus physikalischer Hinsicht, 2) Analyse von quantitativen MRT-Aufnahmen mittels verschiedener Programmierungssprachen, 3) Vorbereiten einer wissenschaftlichen Präsentation über ein MRT-relevantes Thema basierend auf aktueller Literatur sowie, 4) der praktischen Erfahrung mit den MRT-Techniken und -Kontrasten, die im Rahmen der Vorlesung vorgestellt werden.

Literatur:

- Mona Salehi Ravesh; Vorlesungsskript, TU Dortmund, 2024.
- Bernstein M. et al.; „Handbook of MRI pulse sequences“, Academic Press
- Haacke M. et. Al.; „Magnetic Resonance Imaging: Physical Principle and Sequence Design“, Wiley Verlag
- Schlegel W. et. Al.; „Medizinische Physik“, Springer Verlag
- www.pubmed.org
- <https://mriquestions.com/index.html>

Lehrformen: Vorlesung, Übung, Seminar, Praktikum

Prüfungsformen (falls das Modul in einem Schwerpunktbereich gewählt wird) Studienleistungen: Aktive Teilnahme an Übungen, Seminar und MRT-Praktikum.

Modulprüfung: 20-minütige schriftliche Prüfung (Multiple choice) oder mündliche Prüfung (30 Minuten)

Prüfungsformen (falls das Modul im Grundlagen- und Wahlbereich gewählt wird) Studienleistungen: Aktive Teilnahme an Übungen, Seminar und MRT-Praktikum.

Modulprüfung: 20-minütige schriftliche Prüfung (Multiple choice) oder mündliche Prüfung (30 Minuten)

Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Prüfungsleistungen

Verwendung des Moduls

Modulbeauftragte/r PD habil. Dr. rer. nat. Mona Salehi Ravesh

Sonstige Informationen Diese Modul wird an der TU Dortmund angeboten

Modul: Seminar: Präsentationstechniken (PHY847)				
Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.), Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.)				
Turnus: SS oder WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc.), 1./2. Sem (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h

1	Modulstruktur: 2 SWS Seminar, Selbststudium und eigener Vortrag.
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch
3	Lehrinhalte Moderne Präsentationstechniken, Diskussion zur Präsentation, Feedback durch Lehrende und Seminarteilnehmer mit wechselnden physikalischen Inhalten.
4	Kompetenzen Die Studierenden werden mit den Grundlagen von Präsentationstechniken vertraut gemacht, beispielweise zu Vorträgen oder mit der Erstellung und Vorstellung von Postern. Hierzu werden sowohl Vorträge zur Didaktik der Präsentation gehalten, weiterhin erstellen die Studierenden einen Vortrag/Poster selber, der dann mit den Betreuern iterativ optimiert wird. Die Studierenden erwerben durch Selbststudium zu ihrem Vortrag/Poster ein vertieftes Wissen zu einem physikalischen Thema und zur Recherche. Sie haben gezeigt, dass sie in der Lage sind, sich in ein komplexes Gebiet selbständig einzuarbeiten und die wesentlichen Inhalte verständlich zu präsentieren. Dabei verfügen Sie über vertiefte Kenntnisse moderner Präsentationstechniken und können diese einsetzen.
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Seminarthema
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: eigener Vortrag ☐ Teilleistung
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik I – IV
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach
9	Modulbeauftragte/r Prof. J. Albrecht
	Zuständige Fakultät Physik

Modul: Grundlagen wissenschaftlicher Datenverarbeitung am Computer (PHY212)

B.Sc.-Studiengang: Medizinhysik

Turnus	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
Jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	3	90 h

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte • <u>Umgang mit Daten:</u> Erzeugung, Speicherung, Analyse und Darstellung. • <u>Gemischte Form:</u> Vorlesungen/hands-on-Kurs am Computer. • <u>Datenerzeugung</u> durch Simulation physikalischer Beispielsysteme, z.B. aus klassischer Mechanik (Pendel, Planetenbewegung, klassische Vielteilchensysteme). • <u>Grundlagen wissenschaftlicher Programmierung</u>, effiziente und parallele Programmierung mit imperativen und funktionalen Ansätzen. • <u>Anwendungen von Zufallszahlen</u> in der wissenschaftlichen Praxis. • <u>Speicherung</u> als strukturierte Daten, unstrukturierte Daten, awkward arrays, Datenbanken. Interoperabilität und Austausch zwischen verschiedenen Datenverarbeitungssystemen. • <u>Datenkompression</u>, Notwendigkeit (data irreversibility) und Techniken (Ansätze). Signalverarbeitung. Rauschen. • <u>Grundlagen der statistischen Unsicherheitsabschätzung</u> und Fehlerfortpflanzung, Kovarianz und Korrelation, statistische und systematische Fehler, Grundlagen statistischer Modellierung, computergestützte Parameteranpassung, Chi-Quadrat und goodness-of-fit in Theorie und Praxis. Visualisierung und Interpretation von Daten. • <u>Gängige Programmiersprachen und Bibliotheken</u> zur Verarbeitung und Visualisierung von Daten. • <u>Übliche Dateiformate.</u> Der Kurs ergänzt die Vorbereitung zum Praktikum und vermittelt nützliche Fähigkeiten für Projekt-, Bachelor-, und Masterarbeiten. Die Übungsaufgaben werden unter Einbeziehung von gängiger Software (auch) am Computer gelöst. Dazu wird ein eigener Computer (Laptop) benötigt.				
4	Die Studierenden sind in der Lage, Daten nach den Kriterien guter wissenschaftlichen Praxis zu erzeugen, zu speichern, zu verarbeiten und auszuwerten, indem sie • Daten erzeugen und in adäquaten Formaten speichern • vorgegebene experimentelle Daten aufbereiten und hierbei die Data Irreversibility berücksichtigen (fachliche und fachmethodische Kompetenz), • Daten begründet, nachvollziehbar und reproduzierbar auswerten und dokumentieren (fachliche und fachmethodische Kompetenz), • Zur Datenauswertung adäquate Software, Programmiersprachen und Bibliotheken wie z.B. Excel, Python (Numpy, Scipy, Matplotlib), Julia auszuwählen und diese zu nutzen (fachliche und fachmethodische Kompetenz), • Selbst zu ausgewählten Fragestellungen Simulationsdaten erzeugen und diese einer Plausibilitätsprüfung unterziehen und hiermit den Auswertungsprozess validieren.				
5	Prüfungen unbenotete Modulprüfung				
6	Prüfungsformen und –leistungen				

	☐ Modulprüfung: Klausur	☐ Teilleistung
7	Teilnahmevoraussetzungen -keine-	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät Physik

Modul: Grundlagen der Detektorphysik (PHY825)				
Studiengang: Physik (B.Sc.; M.Sc.)				
Turnus: jährlich	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc.), 2. Sem. (M.Sc.)	Credits 3	Aufwand 90 h

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrveranstaltungssprache: Englisch				
3	Lehrinhalte Wechselwirkungen von geladenen, neutralen Teilchen und von Photonen mit Materie, Überblick über Gesamtdetektorsysteme, gasgefüllte Ionisationsdetektoren (Typen und Betriebsarten, Ionisation und Ladungsverlust, Bewegung im elektr. und magn. Feld, Proportionalkammern, Driftkammern), Halbleiterdetektoren (Grundlagen, pn-Übergang und Grenzflächen, Bautypen, Pixeldetektoren), Szintillationsdetektoren (Funktion, Anwendungen), Kalorimetrie (elektromagnetisch und hadronisch, homogen und sampling), Teilchenidentifikation, Triggersysteme, Datennahmesysteme (DAQ)				
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die verschiedenen Detektorbauarten, die in der Teilchenphysik, der Medizinphysik und in anderen Bereichen zum Einsatz kommen. Sie lernen insbesondere den Zusammenhang zwischen den jeweiligen primären Wechselwirkungen der zu detektierenden Teilchen mit der gesamten durchquerten Materie und den von der jeweiligen Detektorbauart ausgenutzten Anteilen. Dies führt zu einem Verständnis der jeweiligen Vor- und Nachteile der Bautypen für verschiedene Anwendungszwecke. Weiterhin werden die Studierenden in die Lage versetzt, mit Originalliteratur besser arbeiten zu können.				
5	Prüfungen Studienleistungen: keine. Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung.				
6	Prüfungsformen und –leistungen ☒ Modulprüfung: schriftlich oder mündlich ☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul				
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in der Fakultät Physik		Zuständige Fakultät Physik		

Module: Thin film growth: From low-dimensional physics to industrial applications				
Degree program: Physics (B. Sc, M.Sc.), Medical Physics (M. Sc.)				
Frequency One-time (Ulrich Bonse Visiting Chair, WS 24/25)	Duration 1 Semester	Semester 5 th semester (B. Sc.) 1 st semester (M. Sc.) 3 rd semester (M. Sc.)	Credits 6	Work load 180 h

1	Module structure				
	No.	Element / course	Type	Credits	Contact hours per week
	1	Lecture + Exercise	Lec	6	4
2	Language: English				
3	Content The lecture covers the fundamental physical mechanisms of crystalline growth of thin films on surfaces, the characterization of relevant properties both on-surface and at the device level, and the role of thin film engineering in applied electronics, magnetism and optics - ranging from solar cells, LEDs to transistors and MRAMs. The essential role of the interfaces between dissimilar materials will be outlined, connecting the concepts of (hetero)epitaxial growth with the measured physical properties. The choice of growth parameters to design low-dimensional materials with novel properties will be also highlighted, such as 2D electron gases, 2D magnetic materials, and topological semimetals. Crystalline growth on surfaces- concepts: surface kinetics and thermodynamics, ultra-high vacuum, vapor phase deposition, physisorption and chemisorption, surface energy, sticking coefficient, nucleation, layer growth modes (layer-by layer, 3D growth) Growth and surface characterization methods: molecular-beam epitaxy, pulsed laser deposition, magnetron sputtering, chemical vapor deposition, atomic layer deposition, reflection high energy electron diffraction (RHEED), low energy electron diffraction (LEED), scanning probe microscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, X-ray absorption Device characterization: I-V characteristics, electrical transport, electroluminescence, photoluminescence, thermal transport, transconductance, magnetoresistance, on-chip magnetic resonance, spin-transfer torque Applications of thin films: Light-emitting diodes (LEDs and OLEDs), Solar cells (single and tandem), Field-effect transistors (FETs), Hard-disk drive (HDD) sensors, Magnetic Random Access Memories (MRAMs) Literature: - Bedoya-Pinto, K. Chang, M. Samant and S.S.P. Parkin, <i>Material Preparation and Thin Film Growth</i>, in Handbook of Magnetism and Magnetic Materials, Seiten 1153-1202, Springer International Publishing (2021) - H.J Kreuzer, <i>Theoretical Approaches to Surface Kinetics: A Perspective</i>. Z. Phys. Chem.223, 105-129 (2009) - Tsao, J.Y.: <i>Materials Fundamentals of Molecular Beam Epitaxy</i>, pp. 13-41. Academic Press, San Diego (1993) - E. Acosta, <i>Thin film properties and Applications</i>, (2021) DOI: 10.5772/intechopen.95527				

4	Learning outcome The lecture provides an overview of the mechanisms of crystalline growth on surfaces and the connection of growth parameters with the resulting physical properties of thin films and devices. Additionally, practical roadmaps to gear fundamental physics towards industrial applications will be exemplified with success stories from the thin film science community.	
5	Examination Module exam: written exam (120 min)	
6	Forms of examination and performance ☒ Module examination: written ☐ Partial performance	
7	Prerequisites Classical Mechanics, Optics, Electrodynamics, Thermodynamics	
8	Module type Elective module	
9	Responsible Dr. Amilcar Bedoya-Pinto	Organization Department of Physics