



HEINRICH HEINE
UNIVERSITÄT DÜSSELDORF

Modulhandbuch für die Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik

(vorläufig, Stand 07.10.2019)

Liebe Studierende,

das Modulhandbuch für die Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik enthält Informationen über Module, die gemäß der ab dem Winter-Semester 2019/20 geltenden Prüfungsordnung belegt werden können. Die Unterrichtsprache ist in den Modulen mit physikalischem Inhalt in der Regel Englisch während Module mit medizinphysikalischen und medizinischen Inhalten in der Regel auf Deutsch unterrichtet werden. Dabei ist gewährleistet, dass Englischkenntnisse ausreichen, um den Masterstudiengang Physik zu absolvieren. Für das Studium im Masterstudiengang Medizinische Physik sind deutsche und englische Sprachkenntnisse erforderlich.

Die Modulbeschreibungen sind je nach typischer Unterrichtsprache im jeweiligen Modul entweder auf Deutsch oder auf Englisch.

Prof. Dr. Axel Görlitz (axel.goerlitz@uni-duesseldorf.de)

Prof. Dr. Thomas Heinzl (thomas.heinzl@uni-duesseldorf.de)

Inhaltsverzeichnis

1. Ziele und Lernergebnisse.....	4
1.1 Masterstudiengang Physik.....	4
1.2 Masterstudiengang Medizinische Physik.....	5
2. Studienpläne.....	9
2.1 Masterstudiengang Physik.....	9
2.2 Masterstudiengang Medizinische Physik.....	10
3. Module der Masterstudiengänge.....	11
3.1 Pflichtbereich Physik (nur MSc Medizinische Physik).....	11
Experimentelle Festkörperphysik.....	12
Statistische Mechanik.....	13
3.2 Pflichtbereich Biophysik (nur MSc Medizinische Physik).....	14
Experimental Biophysics.....	14
Theoretical Biophysics.....	16
3.3 Schwerpunktbereich Physik.....	17
Artificial Atoms.....	17
Experimental Plasma Physics.....	18
Experimental Quantum Optics.....	19
Experimental Soft Matter.....	20
Magnetism I.....	21
Mesoscopic Physics.....	22
Semiconductor Physics.....	23
Surface Physics I.....	24
Theoretical Plasma Physics.....	25
Theoretical Quantum Optics and Quantum Information.....	26
Theoretical Soft Matter.....	27
Theoretical Solid State Physics.....	28
3.4 Wahlpflichtbereich Physik - Vorlesungen.....	29
Advanced Quantum Information Theory.....	29
Advanced Quantum Mechanics.....	30
Astrophysics.....	31
Characterization and Verification of Quantum Simulations.....	32
Computational Physics.....	33
High-Energy-Density Physics.....	34
Introduction to Astronomy.....	35
Introduction to Hydrodynamics with Soft Matter and Biophysics Applications.....	36
Introduction to Quantum Field Theory.....	37
Laser Physics.....	38
Laser Plasma Interaction.....	39
Machine Learning in Quantum Physics.....	40
Magnetism II.....	41
Materials Science.....	42
Monte Carlo Simulations in Physical Applications.....	43

	Nanotechnology	44
	Nonlinear Optics and Ultrafast Lasers	45
	Numerical Simulations	46
	Quantum Gases	47
	Scientific Data Analysis and Modelling	48
	Simple and Complex Fluids: Theory, Simulation and Experiment.....	49
	Soft Matter Systems: Advanced Experimental and Theoretical Methods.....	50
	Surface Code Quantum Computation	51
	Surface Physics II	52
	Ultrafast Optics	53
3.5	Wahlpflichtbereich Physik – Seminare, Praktika, Lernprojekte.....	54
	Biophysik - Computerpraktikum	54
	Directed Study.....	55
	Journal Club on Experimental Quantum Optics	56
	Journal Club on Quantum Information Theory	57
	Journal Club on Condensed Matter Theory.....	58
	Seminar - Fundamental Experiments of Nanophysics	59
	Seminar - Laser Plasma Physics.....	60
	Seminar - Physics of Biomolecules	61
	Seminar - Quantum Transport in Nanostructures	62
3.6	Wahlpflichtbereich Medizinische Physik	63
	Bildgebende Verfahren	63
	Anwendungen von Nuklearmagnetresonanz (NMR) -Techniken in der Medizin.....	64
	Einführung in die Strahlentherapie.....	65
	Humangenetik.....	66
	Ionisierende Strahlung und Strahlenschutz	67
	Modern Microscopy Techniques.....	68
	MRT: Bilderzeugung, Bildrekonstruktion und Bildverarbeitung.....	69
	Physik in der Medizin	70
	Physikalische und radiochemische Grundlagen der Nuklearmedizin	72
	Radiologische Bildgebung.....	73
	Röntgenphysik.....	74
	Terminologie der Medizin	75
3.7	Abschlussbereich	76
	Abschlussseminar (MSc Medizinische Physik)	76
	Abschlussseminar (MSc Physik).....	77
	Masterarbeit (MSc Medizinische Physik).....	78
	Masterarbeit (MSc Physik)	79
	Spezialisierung (MSc Medizinische Physik)	80
	Spezialisierung (MSc Physik).....	81

1. Ziele und Lernergebnisse

1.1 Masterstudiengang Physik

Die (eher allgemeinen) Ziele und (eher spezifischen) Lernergebnisse des Masterstudiengangs Physik, der auf den breiten und fundierten Kenntnissen aufbaut, wie sie in einem Bachelorstudiengang Physik erworben werden, sind durch den sehr diversifizierten und sich schnell ändernden Arbeitsmarkt motiviert. Angesichts der rasch voranschreitenden wissenschaftlichen und technologischen Entwicklungen in unserer Gesellschaft legt dieser Studiengang besonderen Wert darauf, den Studierenden diejenige Methodologie zu vermitteln, die notwendig ist, um sich während der gesamten beruflichen Karriere in Forschung, Lehre oder Industrie umfassend und aktuell Fachwissen, Fertigkeiten und Kompetenzen in jedem Zweig der Physik anzueignen. Unter diesem Gesichtspunkt vermitteln die Gebiete der Physik, welche der Studierende innerhalb des Master-Curriculums auswählt, nachhaltig Wissen von fortwährender Relevanz, die weit über das erworbene Fachwissen hinausgeht. Der Studiengang versetzt die Absolventinnen und Absolventen in die Lage, sich bei Bedarf neues Fachwissen anzueignen und es in die berufliche Praxis zu integrieren. Diese Ziele werden durch ein zweistufiges Curriculum erreicht. Die erste Stufe ist lehrorientiert und erstreckt sich im Wesentlichen über das erste Studienjahr. In dieser Stufe wählen die Studierenden im Schwerpunktbereich Physik (*Physics Focus Area*) zwei der 5 Forschungsschwerpunkte in Physik an der HHU (Biophysik, Festkörperphysik/Nanophysik, Plasmaphysik, Quantenoptik/Quanteninformation sowie Weiche Materie) aus. Die Module, die in jedem *Schwerpunkt* angeboten werden, vermitteln diejenigen Kenntnisse und Fertigkeiten, die benötigt werden um sich einer Forschungsgruppe anzuschließen, die auf dem entsprechenden Forschungsschwerpunkt arbeitet. Sie formen einen fundierten wissenschaftlichen Überblick über das Gebiet, einschließlich der Schlüsselkonzepte und der zentralen Resultate.

Diese erste Stufe wird durch den Physikalischen Wahlpflichtbereich (*Elective Physics Area*) ergänzt, in dem fortgeschrittene Konzepte und/oder spezielle Themen gelehrt werden, die über den Kenntnisstand eines Bachelorabschlusses in Physik hinausgehen. Neben dem Vermitteln von spezifischem Fachwissen illustrieren die Module in der ersten Stufe einerseits, wie das elementare Fachwissen erweitert und vertieft werden kann, bis hin zum Niveau eines Experten auf dem entsprechenden Teilgebiet der Physik, wie beispielsweise Präzisionsspektroskopie, Oberflächenphysik, Laserplasmaphysik oder Kolloidphysik, um nur einige wenige zu nennen. Andererseits bilden sie auch die Basis einer ganzheitlichen Betrachtungsweise der Physik, indem sie aufzeigen, wie eine Vielzahl von Konzepten und Techniken in vielen Feldern der Physik und darüber hinaus relevant sind. Als Beispiel seien hier Quantenstreutheorie, Diffusionsprozesse oder Monte Carlo – Methoden genannt, die Bestandteile verschiedener Module sind.

Die erste Stufe des Curriculums wird durch einen Wahlbereich vervollständigt, in dem Studierende beliebige Module aus dem Gesamtangebot der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf wählen können. Dieser eröffnet die Möglichkeit zum Erwerb überfachlicher Kompetenzen (z. B. Sprachen, Schlüsselqualifikationen), lässt den Studierenden aber auch die Freiheit interessengeleitet weitere Module aus der Physik oder aus anderen Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fächern zu wählen.

Zum Ende der ersten Stufe hat der Studierende somit sein Wissen und seine Fertigkeiten in mehreren Disziplinen der Physik stark erweitert. Genauso wichtig ist die Erkenntnis, dass die Physik als Ganzes eine Wissenschaft ist, die sich zwar in zahlreiche Zweige und Disziplinen aufgespalten hat und dies auch weiterhin tun wird, in der jedoch alle Felder einen Bezug zueinander haben und miteinander verzahnt sind, da sie auf allgemeinen Konzepten und einer gemeinsamen Methodologie basieren, welche eine Grundlage der Weiterentwicklung sind. Das Erreichen der entsprechenden Lernziele wird durch Prüfungsformen getestet, die auf die Lehrformen der jeweiligen Module hin optimiert sind.

An diese lehrorientierte Stufe schließt sich die forschungsorientierte Stufe im zweiten Studienjahr an. Ihr Ziel ist es, die Studierenden individuell von dem Kenntnisstand am Ende des ersten Jahres zu einer eigenen wissenschaftlichen Leistung zu führen, die innerhalb der Masterarbeit unter Anleitung eines persönlichen Betreuers geleistet wird. Hierbei wird der Studierende in eine Forschungsgruppe integriert und erwirbt die zentralen Kompetenzen, die notwendig sind, um eigene wissenschaftliche Studien durchzuführen und sie zu präsentieren, wie beispielsweise Literaturrecherche, das Extrahieren von Informationen aus Originalpublikationen und deren Anwendung auf die eigene Arbeit, das Verfassen wissenschaftlicher Texte sowie die Präsentation eigener Ergebnisse im Rahmen eines längeren mündlichen Vortrages. In der Regel wählt der Studierende das Arbeitsfeld aus einem der beiden im ersten Studienjahr gewählten *Schwerpunkte*.

Im dritten Semester wird der Schwerpunkt auf die Vorbereitung der Masterarbeit gelegt. Zusätzlich können weitere physikalische Wahlpflichtmodule gewählt werden, insbesondere um spezielles Wissen zu erwerben, das für die Durchführung der Masterarbeit notwendig ist. Dies geschieht typischerweise in Form von Vorlesungen und/oder Seminaren. Die *Spezialisierung* (*Specialization*) bereitet die Masterarbeit spezifisch vor. Je nach Forschungsgebiet beinhaltet dies das Erlernen spezieller experimenteller Techniken oder mathematischer bzw. numerischer Methoden, die Einarbeitung in Spezialliteratur oder vorbereitende apparative Arbeiten. Ein wesentliches Kennzeichen der Spezialisierung ist die enge Kooperation, die hierbei mit der Betreuerin / dem Betreuer der Masterarbeit stattfindet. Abgeschlossen wird die *Spezialisierung* mit einem schriftlichen Bericht, der vom Betreuer benotet wird.

Am Ende des dritten und während des vierten Fachsemesters wird die *Masterarbeit* in Vollzeit durchgeführt. In der *Masterarbeit* wird ein Forschungsplan, der auf der *Spezialisierung* basiert, von dem Studierenden als ein integriertes Mitglied einer Forschungsgruppe und unter angemessener Anleitung des Betreuers in die Tat umgesetzt. Idealerweise erzielt der/die Studierende hierbei Ergebnisse, die in einer referierten Fachzeitschrift publizierbar sind, so dass er/sie auch diesen Publikationsprozess gegen Ende der Masterarbeit kennen lernt. Unabhängig davon präsentiert der/die Studierende die Ergebnisse der Masterarbeit in einem öffentlichen Seminarvortrag im Rahmen des *Abschluss-Seminars*.

1.2 Masterstudiengang Medizinische Physik

Die Medizinische Physik ist ein interdisziplinäres Forschungs- und Berufsfeld. Physikalische Entdeckungen und Entwicklungen haben seit vielen Generationen die Möglichkeiten der Medizin entscheidend mitbestimmt. W. C. Röntgen offenbarte bereits im Jahr 1896 der Öffentlichkeit das Potential der von ihm entdeckten Strahlung durch die berühmte

Röntgenaufnahme vom Knochenskelett einer Hand. Auch heute sind die Auswirkungen der Physik auf die Medizin enorm. Konzepte der Atom- und der Festkörperphysik beispielsweise sind für die Magnetresonanztomographie (MRT) essentiell, während bei der Positronen-Emissionstomographie (PET) und in der Strahlentherapie die Kernphysik eine zentrale Rolle spielt. Laser wiederum haben in ein breites Feld von medizinischen Anwendungen Einzug gefunden, das sich von der Augenheilkunde über die Chirurgie bis hin zur Forensik erstreckt. Physikalische Großforschungseinrichtungen werden häufig auch zur Diagnostik und/oder zur Therapie in Anspruch genommen. In den letzten Jahren hielt zudem die Nanostrukturphysik verstärkt Einzug in die Medizin. Sie beinhaltet zum Beispiel den Einsatz fluoreszierender Nanopartikel als Biomarker oder die Charakterisierung von biologischen Oberflächen auf atomarer Skala.

Aus solchen Beispielen ergibt sich die Relevanz des Forschungsfeldes „Physik für die Medizin“. Der starke Einsatz physikalisch anspruchsvoller Konzepte und Apparaturen in der Medizin eröffnet ein Arbeitsfeld für entsprechend ausgebildete akademische Kräfte

- in der interdisziplinären medizinphysikalischen Grundlagenforschung;
- im klinischen Bereich bei der Betreuung und Weiterentwicklung der Konzepte und Gerätschaften;
- in der industriellen Medizintechnik.

Das Masterstudium der Medizinischen Physik soll den Studierenden die fortgeschrittenen fachlichen Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen vermitteln, welche sie bei der Ausübung einer wissenschaftlich orientierten beruflichen Tätigkeit im Bereich der Medizinphysik benötigen. Die

Die (allgemeinen) Ziele und (eher spezifischen) Lernergebnisse des Master-Studiengangs, welcher auf dem fundierten und breiten Wissen basiert, welches in einem Bachelorstudiengang in Physik oder Medizinischer Physik erworben wurde, sind durch die hochgradig diversifizierten und sich schnell ändernden Anforderungsprofile des Arbeitsmarkts motiviert. Im Hinblick auf die permanent fortschreitende wissenschaftliche Erkenntnis und technologische Entwicklung wird in diesem Studiengang diejenige Methodologie vermittelt, welche die Absolventinnen und Absolventen in die Lage versetzt, sich jederzeit umfassendes und aktuelles Fachwissen mit den entsprechenden Fertigkeiten und Kompetenzen in jedem Zweig der Physik oder Medizinischen Physik anzueignen und in die berufliche Praxis zu integrieren. Unter diesem Gesichtspunkt dienen die Teilgebiete, welche der Studierende innerhalb der Master-Curriculums auswählt, über das erlernte Fachwissen hinaus als Illustration zur Vermittlung derjenigen nachhaltigen Kompetenzen, die ihre Relevanz auch in Zukunft nicht verlieren werden. Um diese Ziele zu erreichen ist es essenziell, den Studierenden in eine Forschungsgruppe zu integrieren und durch individuelle Anleitung und Unterstützung einen eigenen wissenschaftlichen Beitrag des Studierenden sicherzustellen.

Diese Ziele werden durch ein Curriculum erreicht, das sich in zwei Stufen gliedern lässt. Die erste Stufe ist lehrorientiert, füllt das erste Studienjahr und erstreckt sich teilweise bis in das dritte Fachsemester. In dieser Stufe werden erstens diejenigen Pflichtmodule (*Experimentelle Festkörperphysik, Statistische Mechanik, Experimentelle Biophysik und Theoretische Biophysik*) angeboten, deren Lehrinhalte für einen Masterabschluss in Medizinischer Physik unabdingbar sind. Diese Module bauen auf dem Bachelorabschluss in Medizinischer Physik auf und

Modulhandbuch für die Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vermitteln überwiegend die spezifischen Lehrinhalte der jeweiligen Thematik, wobei umfangreiche Verknüpfungen von Wissen notwendig sind. Die Lernergebnisse werden in der Regel in Form einer schriftlichen Abschlussklausur geprüft. Für die Zulassung zur Abschlussklausur ist typischerweise das eigenständige Bearbeiten von Übungsaufgaben sowie die Aufarbeitung und das mündliche Vortragen einiger Lösungen in den Übungsgruppen notwendig.

Diese erste Stufe wird durch die zwei *Wahlpflichtbereiche Physik* und *Medizinische Physik* ergänzt. Neben dem jeweiligen spezifischen Fachwissen, welches auf den Kenntnissen aus dem Bachelorstudiengang und den Pflichtmodulen aufbaut, illustrieren diese Module, wie das vorhandene solide Grundwissen bis auf Experten-Niveau ausgebaut und vertieft werden kann, beispielsweise in der Röntgenphysik, der Halbleiterphysik, der Radiologischen Bildgebung oder in der Nuklearmedizin, Ionisierende Strahlung und Physik in der Medizin. Darüber hinaus erweitern sie den Blick dafür, in welcher Art und Weise elementare und fortgeschrittene Konzepte in vielen Teilgebieten relevant sind, wodurch ihr umfassender Charakter besser ersichtlich wird. Als Beispiele seien hier die Quantenstreutheorie, das Konzept der Diffusion oder dasjenige der Tomographie genannt. Zusätzlich zeigen die unterrichteten Modulthematiken auf, in welchen Arbeitsfeldern Masterarbeiten an der HHU Düsseldorf und an den assoziierten Einrichtungen möglich sind. Die Studierenden werden in allen Modulen der Stufe 1 auf die entsprechenden Möglichkeiten hingewiesen. Je nach Thematik werden die Lernergebnisse der Wahlpflichtmodule durch schriftliche oder mündliche Prüfungen nachgewiesen.

Die erste Stufe des Curriculums wird durch einen Wahlbereich vervollständigt, in dem Studierende beliebige Module aus dem Gesamtangebot der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf wählen können. Dieser eröffnet die Möglichkeit zum Erwerb überfachlicher Kompetenzen (z. B. Sprachen, Schlüsselqualifikationen), lässt den Studierenden aber auch die Freiheit interessengetrieben weitere Module aus der Medizinischen Physik oder Physik oder aus anderen Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fächern zu wählen.

Am Ende der ersten Stufe hat der Studierende somit nicht nur seine Kenntnisse und seine Fertigkeiten stark ausgebaut, sondern sieht das die Physik und die Medizinphysik insgesamt eine Wissenschaft darstellt, die sich zwar stark diversifiziert hat und dies auch weiterhin tun wird, in der aber nichtsdestotrotz die einzelnen Felder durch allgemeine Konzepte und eine gemeinsame Methodologie miteinander verbunden und ineinander verzahnt sind. Das Beherrschen dieser Konzepte und der Methodologie bilden die Basis, aufgrund derer der Studierende sich auch später im Berufsleben ein neues Feld erarbeiten und die Kenntnisse in der Praxis anwenden kann.

Basierend auf der lehrorientierten Stufe schließt sich die zweite forschungsorientierte Stufe im zweiten Jahr des Curriculums an. Ihr Ziel ist es, den Studierenden vom fortgeschrittenen Kenntnisstand in einigen Feldern der Medizinphysik und Physik zu einem eigenen, signifikanten wissenschaftlichen Beitrag zu geleiten, welcher innerhalb der Masterarbeit und eingebettet in eine Arbeitsgruppe geleistet wird. Dies umfasst auch die Vermittlung aller dazu notwendigen Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, wie beispielsweise das Extrahieren und die Anwendung von Informationen aus wissenschaftlichen Originalartikeln, Literaturrecherche, das Verfassen wissenschaftlicher Texte oder die Vorbereitung und Präsentation wissenschaftlicher Vorträge über eigene Arbeiten.

Üblicherweise wählt der Studierende ein Forschungsfeld und eine entsprechende Arbeitsgruppe nach dem ersten Studienjahr aus den Angeboten aus Stufe 1 aus. Im dritten Fachsemester liegt der Schwerpunkt auf der Vorbereitung des Projekts der Masterarbeit in weiteren Modulen der Wahlpflichtbereiche und insbesondere in der Spezialisierung. Die *Spezialisierung (Specialization)* bereitet die Masterarbeit spezifisch vor. Je nach Forschungsgebiet beinhaltet dies das Erlernen spezieller experimenteller Techniken oder mathematischer bzw. numerischer Methoden, die Einarbeitung in Spezialliteratur oder vorbereitende apparative Arbeiten. Ein wesentliches Kennzeichen der Spezialisierung ist die enge Kooperation, die hierbei mit der Betreuerin / dem Betreuer der Masterarbeit stattfindet. Abgeschlossen wird die *Spezialisierung* mit einem schriftlichen Bericht, der vom Betreuer benotet wird.

Am Ende des dritten und während des vierten Fachsemesters wird die *Masterarbeit* in Vollzeit durchgeführt. In der *Masterarbeit* wird ein Forschungsplan, der auf der *Spezialisierung* basiert, von dem Studierenden als ein integriertes Mitglied einer Forschungsgruppe und unter angemessener Anleitung des Betreuers in die Tat umgesetzt. Idealerweise erzielt der Studierende hierbei Ergebnisse, die in einer referierten Fachzeitschrift publizierbar sind, so dass er / sie auch diesen Publikationsprozess gegen Ende der Masterarbeit kennen lernt. Unabhängig davon präsentiert der Studierende die Ergebnisse der Masterarbeit in einem öffentlichen Seminarvortrag im Rahmen des *Abschluss-Seminars*.

2. Studienpläne

2.1 Masterstudiengang Physik

Studienplan Master-Studiengang Physik			
1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Schwerpunkt I (12 LP)		Spezialisierung (15 LP)	Abschluss- Kolloquium (3 LP)
Schwerpunkt II (12 LP)			Masterarbeit (30 LP)
Wahlpflicht Physik (36 LP)			
Wahlbereich (12 LP)			

Im Rahmen **eines** Schwerpunktbereichs muss jeweils ein Modul vom Typ SP-A (experimentell orientiert) und ein Modul vom Typ SP-B (theoretisch orientiert) gewählt werden.

Schwerpunkt	Module Typ A	Module Typ B
Festkörper- und Nanophysik (Solid State Physics and Nanophysics)	Artificial Atoms	Theoretical Solid State Physics
	Magnetism 1	
	Mesoscopic Transport	
	Semiconductor Physics	
	Surface Physics 1	
Plasmaphysik (Plasma Physics)	Experimental Plasma Physics	Theoretical Plasma Physics
Quantenoptik und -information (Quantum Optics and Quantum Information)	Experimental Quantum Optics	Theoretical Quantum Optics and Quantum Information
Weiche Materie (Soft Matter)	Experimental Soft Matter Physics	Theoretical Soft Matter Physics
Biophysik (Biophysics)	Experimental Biophysics	Theoretical Biophysics

2.2 Masterstudiengang Medizinische Physik

Studienplan Master-Studiengang Medizinische Physik			
1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Experimentelle Festkörperphysik 4V+1Ü (6 LP)	Wahlbereich (6 LP)	Spezialisierung (15 LP)	Abschluss-Kolloquium (3 LP)
Statistische Mechanik 4V+2Ü (8 LP)	Wahlpflicht Physik (12 LP)		Masterarbeit (30 LP)
Wahlpflicht Medizinphysik (28 LP)			
Experimentelle Biophysik 3V+1Ü (6 LP)	Theoretische Biophysik 3V+1Ü (6 LP)		

3. Module der Masterstudiengänge

Im Folgenden werden die Module der Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik entsprechend dem derzeitigen Stand aufgeführt. Aufgrund des direkten Bezugs zur aktuellen Forschung unterliegt das Gesamtangebot einer kontinuierlichen Weiterentwicklung. In der Regel sind Modulbeschreibungen von Modulen, die auf Deutsch (Englisch) angeboten werden, auf Deutsch (Englisch) abgefasst

Für die Zuordnung der Module zu den verschiedenen Bereichen gilt generell, dass Module des Schwerpunktbereichs Physik auch im Wahlpflichtbereich Physik gewählt werden können. Module der Wahlpflichtbereiche Physik und Medizinische Physik können auch im Wahlbereich gewählt werden. Studierende des Masterstudiengangs Physik können Module aus dem Wahlpflichtbereich Medizinische Physik allerdings nur dann wählen, wenn dies unter dem Punkt *Verwendbarkeit* explizit angegeben ist.

Im Wahlbereich können zusätzlich alle Veranstaltungen aus dem Gesamtangebot der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf genutzt werden, sofern eine Zulassung zum jeweiligen Modul für Studierende der Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik möglich ist.

3.1 Pflichtbereich Physik (nur MSc Medizinische Physik)

Experimentelle Festkörperphysik				
(Experimental Solid State Physics)				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. T. Heinzel				
Dozierende: Die Dozierenden der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand	Leistungspunkte	Kontaktzeit	Selbststudium	Dauer
180 h	6 LP	75 h	105 h	1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 4 SWS Übung: 1 SWS		Häufigkeit des Angebots Wintersemester		Gruppengröße V: ca.150 Ü: 20 - 30
Lernergebnisse/Kompetenzen:				
<ul style="list-style-type: none"> • Fundierte Kenntnis der grundlegenden Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Festkörperphysik gemäß der Inhaltsangabe; • Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Festkörperphysik; • Anwendung der erlernten Konzepte der Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, der Atomphysik, der Quantenmechanik und der Thermodynamik zur Beschreibung und Erklärung der Sachverhalte in der Festkörperphysik. 				
Inhalte:				
<ul style="list-style-type: none"> • Kristallbindung und -strukturen • Kristallstrukturanalyse, reziprokes Gitter • Gitterschwingungen (Phononen, Wärmeleitung) • Freie Elektronen im Festkörper, das Fermi-Gas, Ladungstransport • Energiebänder • Halbleiter • Optische Eigenschaften von Festkörpern • Magnetische Eigenschaften: Dia-, Para- und Ferromagnetismus • Supraleitung 				
Teilnahmevoraussetzungen: Experimentelle Mechanik, Optik, Elektrizität und Magnetismus, Experimentelle Atomphysik, Quantenmechanik (inhaltlich)				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten oder der Dozentin zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul				
(1) Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
(2) Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (BSc Physik und BSc Medizinische Physik ab PO 2019): 6				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur:				
<ul style="list-style-type: none"> • Ashcroft, Mermin, Solid State Physics, Saunders College (1985); • Grosso, Parravicini, Solid State Physics, Academic Press (2000); • Kittel, Festkörperphysik, Oldenbourg (1999). • Gross, Marx, Festkörperphysik, Oldenbourg (2012) • Hunklinger, Festkörperphysik, Oldenbourg (2009) 				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> • Bachelorstudiengang Physik und Masterstudiengang Medizinische Physik (Pflichtbereich Physik) • Bachelorstudiengang Naturwissenschaften • Nebenfachbereich in anderen mathematisch-naturwissenschaftlichen Bachelorstudiengängen nach Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Statistische Mechanik				
(Statistical Mechanics)				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. H. Löwen				
Dozierende: Die Dozierenden der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 240 h	Leistungspunkte 8 LP	Kontaktzeit 90 h	Selbststudium 150 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots Wintersemester		Gruppengröße V: ca. 150 Ü: 20 - 30
Lernergebnisse/Kompetenzen:				
<ul style="list-style-type: none"> Fundierte Kenntnis der Konzepte und Erkenntnisse der Statistischen Mechanik gemäß der Inhaltsangabe; Anwendung der Kenntnisse aus den in den Voraussetzungen angegebenen Modulen auf die Konzepte der Statistischen Mechanik; Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Statistischen Mechanik. 				
Inhalte:				
<ul style="list-style-type: none"> Fundamentalbeziehungen, Hauptsätze Eulergleichung Gibbs-Duhem-Beziehung Thermodynamische Potenziale, Maxwellbeziehungen Quasistatische/adiabatische Prozesse (Carnot-Prozess etc.) Ideales und reales Gas (Van-der-Waals-Gleichung), Phasenübergänge 1. Ordnung Landau-Theorie der Phasenübergänge Kritische Phänomene, Begriff des Ordnungsparameters, gebrochene Symmetrie Elementare Renormierungsgruppentheorie (Skalierung und Universalität) Ensembles der Statistischen Physik Ideale Quantengase, Bose-Einstein-Kondensation 				
Teilnahmevoraussetzungen: Mathematische Methoden der Naturwissenschaften I, Analysis I+II, Theoretische Mechanik (inhaltlich)				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten oder der Dozentin zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul				
(1) Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
(2) Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (BSc Physik und BSc Medizinische Physik ab PO 2019): 8				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: F. Schwabl, Statistische Physik, Springer, 2000. T. Fließbach, Statistische Physik, Spektrum Verlag, 1999. D. Chandler, Statistical Physics, Oxford University Press, 1987. H. Callen, Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics, John Wiley, 1985.				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> Bachelorstudiengang Physik und Masterstudiengang Medizinische Physik (Pflichtbereich Physik) Bachelorstudiengang Naturwissenschaften Nebenfachbereich in anderen mathematisch-naturwissenschaftlichen Bachelorstudiengängen nach Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

3.2 Pflichtbereich Biophysik (nur MSc Medizinische Physik)

Experimental Biophysics				
(Experimentelle Biophysik)				
Person in charge: Prof. C. Monzel				
Lecturers: Prof. C. Monzel				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Seminar: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of experimental biophysics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to elementary experimental physics and medical physics; • Ability to solve exercises in biophysics and to present the solutions to an audience. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Cell Structure (Membranes & Organelles, Cytoskeleton, Cell Nucleus & DNA, Transcription & Translation) • Thermodynamics of the cell environment (Fundamental thermodynamic equations, Entropy, Boltzmann law & Partition function, Chemical potentials) • Diffusion (Fick's law, Brownian motion & diffusion equation, Fokker-Planck equation, Einstein relation, Crowding and anomalous diffusion, Active transport in cells) • Structural elements (Cytoskeletal filaments, Equilibrium polymerization of a single and a double strand, Polymerization force-velocity relation, Dynamic instability of microtubules) • Reaction kinetics (Law of mass action, Theory of the transition state, Enzyme kinetics / Michaelis-Menten kinetics, Enzyme inhibition & Kinetic proofreading) • Signal Transduction (Allostery, Cooperativity (Hill-equation), switch-like behavior, Bacterial chemotaxis, Exact adaptation and robustness, Spatio-temporal chemical oscillators (MinD - MinE)) • Molecular Machines (Motor proteins ((Non-)processive Motors) and two state model, Actin - Myosin interaction and muscle contraction, Swinging crossbridge model, Optical and Magnetic Tweezers) • Biological Membranes (Membrane components and lipid self-assembly (membrane, vesicles, liposomes), Hamiltonian and phase diagram of membrane configurations, Biomechanical properties (bending rigidity, tension) and membrane interactions, Osmotic pressure, Membrane phase transitions, Budding and endocytosis, use of magnetic nanoparticles/ viral entry for tumor treatment) • Energy (Electrical properties of membranes, Ion transport through membranes, Nernst Potential, Donnan potential, permeability, Chemiosmotic theory, mitochondria and Ion pumps, Energy in the cell: ATP synthesis and hydrolysis) • Nerve Impulses (linear cable equation of axons, nonlinear travelling wave, action potential: threshold behavior & Inverse potential, Hodgkin-Huxley equation, Patch-Clamp) • Sensory Cells / Hearing (von Békésy wave mechanics of fluids, Gold theory of active amplification, Hopf resonance, active travelling waves) 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics according to the curriculum of the Bachelor programme in Medical Physics).				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points:				
(1) Successful participation in exercise classes				

(2) Passing of module exam
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6
Language of instruction: English
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • will be announced by the lecturer
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Biophysics – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Compulsory Biophysics)
Additional Information:

Theoretical Biophysics				
(Theoretische Biophysik)				
Person in charge: Prof. G. Schröder				
Lecturers: Prof. G. Schröder				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Seminar: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of theoretical biophysics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to elementary theoretical physics and medical physics; • Ability to solve exercises in biophysics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Protein Structure (Secondary, tertiary structure, Chirality, Properties of amino acids) • Energy and Forces in Molecules (Stabilizing interactions (non-covalent, Coulomb), van-der-Waals, hydrogen bonds, covalent bonds) • Molecular Dynamics (Molecular dynamics simulation, Newton's equations of motion, Verlet algorithm, Temperature Coupling /Pressure Coupling / Virial, Free energy calculations, Vibrations and normal modes) • Diffusion (Brownian motion, Diffusion equation, Smoluchowski-Equation, Diffusion of ions, Fokker-Planck equation, Einstein relation, Fluctuation-dissipation theorem, Langevin dynamics) • Conformational Transitions (Reaction rates, Kramer's theory) • Protein Folding (Levinthal paradoxon, Anfinsen axiom, Folding pathways, Markov Modeling) • Electrostatics in the Cell (Poisson – Boltzmann, Debye-Hückel Theory, Hydrophobic effect) 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics according to the curriculum of the Bachelor programme in Medical Physics).				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: <ol style="list-style-type: none"> (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam 				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • will be announced by the lecturer 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Biophysics – type B, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Compulsory Biophysics) 				
Additional Information:				

3.3 Schwerpunktbereich Physik

Artificial Atoms				
(Quantenpunkte)				
Person in charge: Prof. T. Heinzel				
Lecturers: Prof. T. Heinzel				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Seminar: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of quantum dot physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to elementary quantum mechanics, solid state physics and atomic physics; • Ability to solve exercises in quantum dot physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • General concepts: relevant semiconductor physics, size quantization, Coulomb blockade; • Colloidal quantum dots: growth, optical properties and applications (fluorescent labels, FRET systems, optoelectronics); • Self-assembled quantum dots: epitaxy, growth modes, electronic and optical characterization, applications (storage devices, single photon sources, quantum dot lasers); • Top-down quantum dots: Fabrication techniques, transport properties (single electron devices, spin transport, interaction effects, quantum dot molecules); • Quantum computation with quantum dots: Elements of quantum computation, quantum dots as qubits, operation schemes. 				
Participation requirements: Knowledge in experimental solid state physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Review articles and original publications. 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Solid State Physics and Nanophysics – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Experimental Plasma Physics				
(Experimentelle Plasmaphysik)				
Person in charge: Prof. Dr. O. Willi				
Lecturers: Prof. O. Willi, Prof. G. Pretzler, Prof. L. Yang, Dr. S. Brezinsek				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Seminar: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts, experiments and results of experimental plasma physics according to the table of contents; • Application of key results of experimental and theoretical physics of the Bachelor programme to experimental plasma physics; • Ability to prepare selected topics of plasma physics for an oral presentation and to present it to the participants of the module in a seminar talk. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Plasma generation and heating • Plasma and optical radiation • Methods of plasma diagnostics • Experimental implementation of plasma confinement • Laboratory plasmas and applications of plasmas • Plasmas in astrophysics • Selected advanced topics 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics and theoretical electrodynamics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Presentation of a seminar talk (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Plasma Physics – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Experimental Quantum Optics				
(Experimentelle Quantenoptik)				
Person in charge: Prof. Dr. S. Schiller				
Lecturers: Prof. Dr. S. Schiller, Prof. Dr. A. Görlitz				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of quantum optics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to quantum mechanics and the experimental physics modules of the Bachelor programme in Physics; • Ability to solve typical exercises in quantum optics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Light-matter interaction • Laser cooling of atoms • Traps for atoms and particles • Matter waves • Particle interferometry • Generation of nonclassical light • Selected advanced topics 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • H. J. Metcalf and P. van der Straten, Laser Cooling and Trapping; Springer-Verlag (1999) • P. Meystre, Atom Optics, Springer-Verlag (2001) • Selected review articles 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Quantum Optics and Quantum Information – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Experimental Soft Matter				
(Experimentelle Weiche Materie)				
Person in charge: Prof. Dr. S. Egelhaaf				
Lecturers: Prof. Dr. S. Egelhaaf				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of soft matter physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules and to statistical mechanics of the Bachelor programme in Physics; • Ability to solve typical exercises in experimental soft matter physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Random Walk • Colloids • Polymers • Amphiphiles • Scattering Methods • Microscopy 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics and statistical mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles • Script of the lecture 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Soft Matter – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Magnetism I				
(Magnetismus I)				
Person in charge: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Lecturers: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 4 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of basic concepts, key experiments and results of magnetism according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules and to quantum mechanics of the Bachelor programme. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Magnetism in atoms and solids • Exchange interactions • Patterns of magnetic ordering and symmetry breaking • Anisotropy effects • Magnetic domains; • Magnetization dynamics. 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Usually a graded oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • M. Getzlaff: Fundamentals of Magnetism (Springer-Verlag) • S. Blundell: Magnetism in condensed matter (Oxford University Press) • selected review articles and monographs 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Solid State Physics and Nanophysics – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Mesoscopic Physics				
(Mesoskopische Physik)				
Person in charge: Prof. Dr. T. Heinzel				
Lecturers: PD Dr. M. Cerchez, Prof. Dr. T. Heinzel				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 30 Ü: ca. 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of mesoscopic and nonclassical transport according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules and to quantum mechanics of the Bachelor programme; • Ability to solve typical exercises in mesoscopic transport physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Electron gases in reduced dimensions • Quantum films • The quantum Hall effect • Quantum wires • Coulomb blockade and quantum dots • Coherent electronics • Transport in superlattices • Selected advanced topics: spintronics, quantum computation etc. 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • T. Heinzel, Mesoscopic Transport in Solid State Nanostructures, Wiley VCH (2010). • selected review and original articles 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Solid State Physics and Nanophysics – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Semiconductor Physics				
(Halbleiterphysik)				
Person in charge: Prof. Dr. T. Heinzel				
Lecturers: PD Dr. M. Cerchez, Prof. Dr. T. Heinzel				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year		Group size V: ca. 30 Ü: ca. 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of basic and advanced concepts and results of semiconductor physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules, in particular to solid state physics; • Knowledge of the most important applications of semiconductor devices; • Ability to solve typical exercises in semiconductor physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Crystal structures of semiconductors • Electronic band structures of semiconductors • Doping and charge carrier statistics • Electronic transport • Optical properties • Quantization effects in layered structures • Crystal growth and -processing • Lithography • Semiconductor transport devices: diodes, FETs, microchips, • Optical semiconductor devices: LEDs, lasers • Selected advanced topics 				
Participation requirements: Basic knowledge in experimental solid-state physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • will be announced by the lecturer 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Solid State Physics and Nanophysics – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Surface Physics I				
(Oberflächenphysik I)				
Person in charge: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Lecturers: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Seminar: 1 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of basic concepts and results of surface physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules of the Bachelor programme; • Ability to prepare selected topics of surface physics for a seminar presentation and to present them within a seminar talk to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Basics of crystallography • Preparation and atomic structure of clean surfaces • Electronic structure of surfaces • Structural surface defects • Elementary processes at surfaces • Thin film systems • Nanostructures • Vacuum technology 				
Participation requirements:				
Examination: Usually a graded oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Presentation of seminar talk (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Oura: Surface Science (Springer-Verlag) • Lecture notes • Selected review articles and monographs 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Solid State Physics and Nanophysics – type A, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Theoretical Plasma Physics				
(Theoretische Plasmaphysik)				
Person in charge: Prof. Dr. A. Pukhov				
Lecturers: Prof. Dr. A. Pukhov				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of the basic concepts and results of theoretical plasma physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental and theoretical physics modules of the Bachelor programme; • Ability to solve typical exercises in theoretical plasma physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Single particle dynamics • Plasma dynamics (hydrodynamic equations and magneto-hydrodynamics) • Transport theory • Stability theory • Nonlinear dynamics and structure formation • Introduction to numerical plasma physics • Selected advanced topics 				
Participation requirements: Theoretical physics according to the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Usually a graded oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Plasma Physics – type B, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Theoretical Quantum Optics and Quantum Information				
(Theoretische Quantenoptik und Quanteninformation)				
Person in charge: Prof. Dr. D. Bruß				
Lecturers: Prof. Dr. D. Bruß, PD Dr. H. Kampermann				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of theoretical quantum optics and quantum information according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the physics modules of the Bachelor programme, in particular to quantum mechanics and atomic physics; • Ability to solve typical exercises in theoretical quantum optics and quantum information and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Quantization of the radiation field • States of the radiation field • Interaction of the radiation field with matter • Nonlinear quantum optics and quantum correlations • Basic concepts of quantum information theory • Quantum gates and quantum networks • Quantum cryptography • Theory of entanglement • Quantum information with continuous variables 				
Participation requirements: Theoretical physics according to the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • D.F. Walls and G.J. Milburn, Quantum Optics, Springer-Verlag (1994); • L. Mandel and E. Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics, Cambridge University Press (1995); • G. Benenti, G. Casati and G. Strini, Principles of Quantum Computation and Quantum Information, World Scientific Publishing (2004); • D. Bruß and G. Leuchs, Lectures on Quantum Information, Wiley-VCH (2007). 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area PQuantum Optics and Quantum Information – type B, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Theoretical Soft Matter				
(Theoretische Weiche Materie)				
Person in charge: Prof. Dr. H. Löwen				
Lecturers: Prof. Dr. H. Löwen, Prof. Dr. J. Horbach				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of the basic concepts and results of theoretical soft matter physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the theoretical physics modules and to statistical mechanics of the Bachelor programme; • Ability to solve typical exercises in theoretical soft matter physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the fluid state • Thermodynamics, structure and fluctuations • Phase transitions • Surfaces and inhomogeneous fluids • Computer simulations • Dynamics • Selected advanced topics 				
Participation requirements: Theoretical physics and experimental thermodynamics according to the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • selected review articles 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Soft Matter – type B, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Theoretical Solid State Physics				
(Theoretische Festkörperphysik)				
Person in charge: Prof. Dr. R. Egger				
Lecturers: Prof. Dr. R. Egger, Prof. Dr. J. Horbach				
Work load	Credit points	Contact time	Self-study time	Duration
180 h	6 LP	60 h	120 h	1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of solid state physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the theoretical physics modules and to experimental solid state physics of the Bachelor programme; • Ability to solve typical exercises in theoretical solid state physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Crystal structure and reciprocal lattice • Bloch theorem • Second quantization • Lattice vibrations • Free electron gas • Elementary excitations and optical processes • Superconductivity, Ginzburg Landau theory • Magnetic properties of solids • Selected advanced topics 				
Participation requirements: Theoretical physics and experimental solid state physics according to the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • N.W. Ashcroft & N.D. Mermin, Solid State Physics, Saunders College, 1976 • H. Bruus & K. Flensberg, Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics, Oxford University Press, 2004 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Focus Area Solid State Physics and Nanophysics – type B, Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

3.4 Wahlpflichtbereich Physik - Vorlesungen

Advanced Quantum Information Theory				
(Fortgeschrittene Quanteninformationstheorie)				
Person in charge: PD Dr. H. Kampermann				
Lecturers: Prof. Dr. D. Bruss, PD Dr. H. Kampermann				
Work load 120 h	Credit points 4 LP	Contact time 45 h	Self-study time 75 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 20 Ü: 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of quantum information theory according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to quantum optics and quantum information theory; • Ability to solve exercises in advanced quantum information theory and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Quantum Nonlocality • Information causality • Multipartite entanglement; entanglement measures • General quantum correlations • State identification and characterization • Advanced topics 				
Participation requirements: Knowledge of quantum mechanics and of the concepts of theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor program in physics; basic knowledge of quantum information theory according to the module <i>Theoretical Quantum Optics and Quantum Information</i> .				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 4				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • D. Bruß and G. Leuchs, Lectures on quantum information, Wiley-VCH (2007). • Selected original and review papers 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Advanced Quantum Mechanics				
(Fortgeschrittene Quantenmechanik)				
Person in charge: Prof. Dr. Dr. C. Müller				
Lecturers: Prof. Dr. Dr. C. Müller, PD Dr. A. Voitkiv				
Work load 240 h	Credit points 8 LP	Contact time 90 h	Self-study time 150 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 4 SWS Exercise class: 2 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of quantum mechanics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to elementary quantum mechanics and their application to typical problems in various fields of physics; • Ability to solve exercises in advanced quantum mechanics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Methods of scattering theory • Coupling of angular momenta • Relativistic wave equations • Many-particle systems • Field quantization • Elementary processes of light-matter interaction 				
Participation requirements: Knowledge in theoretical physics and atomic physics according to the curriculum of a Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 8				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene (Springer 2008) • A. Messiah, Quantum Mechanics II (Elsevier 1981) • P. Strange, Relativistic Quantum Mechanics (Cambridge 1998) 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Astrophysics				
(Astrophysik)				
Person in charge: Prof. Dr. K.-H. Spatschek				
Lecturers: Prof. Dr. K.-H. Spatschek				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of astrophysics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to typical problems in various fields of physics; • Ability to solve exercises in astrophysics and to present the solutions to an audience. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of astrophysical observation methods • Composition and evolution of stars • Global properties of galaxies • Cosmological models 				
Participation requirements: Knowledge in theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points:				
(1) Successful participation in exercise classes				
(2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • Review articles and original publications 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Characterization and Verification of Quantum Simulations				
(Charakterisierung und Verifikation von Quantensimulationen)				
Person in charge: Jun.-Prof. Dr. Kliesch				
Lecturers: Jun.-Prof. Dr. Kliesch				
Work load	Credit points	Contact time	Self-study time	Duration
180 h	6 LP	60 h	120 h	1 semester
Components Lecture: 2 SWS Exercise class: 2 SWS		Frequency Typ. 1x per study year (typ. summer term)		Group size VL: up to 20 Ü: up to 10
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of state-of-the-art characterization and validation methods for quantum simulations and quantum computing components according to the table of contents; • Ability to implement these methods on (synthetic) data; • Ability to use the mathematical tools of the field (including non-commutative concentration inequalities and concepts of convex optimization) in analytical considerations; • Connection of the concepts taught in this module to quantum physics of the Bachelor program in Physics and quantum information courses of the Master program in Physics; 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Quantum state tomography • Compressed sensing 2.0 • Quantum state certification • Randomized benchmarking • Quantum process tomography • Selected advanced topics 				
Participation requirements: Knowledge in linear algebra, calculus, and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor program in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements are announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Course specific lecture notes • Selected research articles 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master program in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master program in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Computational Physics				
(Computergestützte Physik)				
Person in charge: Prof. Dr. J. Horbach				
Lecturers: Prof. Dr. J. Horbach, Prof. Dr. A Pukhov				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS Exercise class: 2 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of computational physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the theoretical physics modules of the Bachelor programme in Physics; • Ability to solve exercises in computational physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Elementary numerical procedures: differentiation, integration, determination of zeros; • From the harmonic oscillator to chaotic systems; • Molecular dynamics simulations: structure and dynamics of dense fluids; • Monte-Carlo simulations: phase transitions and critical phenomena. 				
Participation requirements: Knowledge in theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: <ol style="list-style-type: none"> (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam 				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • J. M. Thijssen, Computational Physics (Cambridge University Press, Cambridge, 1999) 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

High-Energy-Density Physics				
(Physik bei hohen Energiedichten)				
Person in charge: PD Dr. J. Osterholz				
Lecturers: PD Dr. J. Osterholz				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 20
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of high-energy density physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to plasma physics. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Properties of matter at high energy density • Non-ideal plasmas • Equations of state • Radiation transport and opacity • Hydrodynamic description of matter • Laser induced plasmas • Physics of shock waves • Impact physics • Examples and applications in astrophysics, materials science, space technology, geology 				
Participation requirements: Basic knowledge in mechanics, thermodynamics, quantum mechanics, electrodynamics and plasma physics.				
Examination: Usually a graded oral exam at the end of the lecture. The details of the exam and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Introduction to Astronomy				
(Einführung in die Astronomie)				
Person in charge: Dr. B. Aurand				
Lecturers: Dr. B. Aurand				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS		Frequency Typ. 1x per study year		Group size VL: ca. 40
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Basic knowledge of galactic astronomy • Knowledge of structure and principles of solar systems • Knowledge of structure, life cycle and classification of stars 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • History of Astronomy: • Detectors and Detection: • Astrometry • Celestial Mechanics • The Solar System • The Sun • Stars: State Variables and Classification • Stars: Atmosphere • Stars: Stellar Structure • Stars: Stellar Evolution • Variable Stars and Binary Stars 				
Participation requirements: Knowledge in fundamental experimental physics.				
Examination: Graded written exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • will be announced by the lecturer 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master program in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master program in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Introduction to Hydrodynamics with Soft Matter and Biophysics Applications				
(Introduction to Hydrodynamics with Soft Matter and Biophysics Applications)				
Person in charge: Prof. Dr. J.K.G. Dhont				
Lecturers: Prof. Dr. J.K.G. Dhont, Prof. Dr. G. Nägele, Dr. P. Lang				
Work load 240 h	Credit points 8 LP	Contact time 90 h	Self-study time 150 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 4 SWS Exercise class: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of concepts and results of hydrodynamics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to elementary hydrodynamics and their application to typical problems in Soft Matter science and biophysics; • Ability to solve exercises in hydrodynamics and to present the solutions to an audience. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Ideal and viscous fluids • Boundary layers and hydrodynamic instabilities • Flow at low Reynolds numbers • Hydrodynamic interaction in bulk and close to an interface • Experimental methods of studying colloidal hydrodynamics • Electroosmosis and electrophoresis of proteins • Microswimmers 				
Participation requirements: Knowledge in theoretical physics and atomic physics according to the curriculum of a Bachelor program in Physics.				
Examination: Graded written or oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points:				
(1) Successful participation in exercise classes				
(2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 8				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Hydrodynamik, Akademie Verlag (1991) • E. Guyon et al., Physical Hydrodynamics, Oxford Press (2012) • W. Greiner, H. Stock, Hydrodynamik, Harry Deutsch (1991) 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Introduction to Quantum Field Theory				
(Einführung in die Quantenfeldtheorie)				
Person in charge: Dr. Villalba-Chavez				
Lecturers: Dr. Villalba-Chavez				
Work load	Credit points	Contact time	Self-study time	Duration
180 h	6 LP	60 h	120 h	1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 30 Ü: ca. 15
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Basic knowledge of quantum field theory and in particular quantum electrodynamics according to the table of contents; • Connection between concepts taught in this module with those learned previously in the Bachelor programme in Physics, including both classical and quantum mechanics as well as those associated with classical electrodynamics; • Ability to establish the amplitude of scattering processes, their probabilities and cross sections. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Canonical quantization of theories with constraints: Dirac-Bergmann algorithm; • Quantization of free fields (scalar, vectors and spinors); • Fundamental symmetries in Nature and their irreducible representations; • Interacting fields, Scattering operator, Gell-Mann Low formula, Dyson series; • Wick's theorem, perturbation theory, Dyson-Schwinger equations; • Feynman diagrams, probabilities and cross sections. 				
Participation requirements: Knowledge in classical and quantum mechanics as well as real and complex analysis according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • K, Huang, Quantum Field Theory from Operators to Path Integrals, John Wiley & Sons (1998) • M. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model, Cambridge University Press (2014) • S. Gasiorowicz, Elementary Particle Physics; John Wiley & Sons (1966) • Selected scientific articles 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Compulsory Biophysics) 				
Additional Information:				

Laser Physics				
(Laserphysik)				
Person in charge: Prof. Dr. S. Schiller				
Lecturers: Prof. Dr. S. Schiller, Prof. Dr. G. Pretzler, Prof. Dr. A. Görlitz				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 30 Ü: ca. 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of laser physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules and to quantum mechanics of the Bachelor programme in Physics. • Ability to solve typical exercises in laser physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Light-atom interaction • Laser equations • Properties of laser radiation • Tunable lasers • Monochromatic lasers • Pulsed lasers • Applications of lasers 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • will be announced by the lecturer 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Laser Plasma Interaction				
(Laserplasma-Wechselwirkung)				
Person in charge: Prof. Dr. O. Willi				
Lecturers: Prof. Dr. O. Willi				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of laser plasma interaction 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Concept of laser fusion • Absorption processes • Thermal transport • Magnetic field generation • Parametric instabilities • Shocks • Interaction physics in the relativistic regime • Fast ignitor concept 				
Participation requirements: Plasma Physics				
Examination: Usually a graded oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points:				
Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • selected review articles 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Machine Learning in Quantum Physics				
(Maschinelles Lernen in der Quantenphysik)				
Person in charge: Jun.-Prof. Kliesch				
Lecturers: Jun.-Prof. Kliesch				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS Exercise class: 2 SWS		Frequency Typ. 1x per study year (typ. winter term)		Group size VL: ca. 25 Ü: 10 - 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of classical machine learning and applications in quantum physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to (quantum) statistical physics, quantum and quantum many-body physics of the Bachelor programme in Physics; • Ability to write an own neural network code and to train it on (synthetic) data from physics applications. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Common neural network models • Training/optimization techniques • Regularization in deep learning • Heisenberg type models and phase transitions • Characterization of phase transitions with neural networks • Ground state simulation with neural networks • Selected advanced topics 				
Participation requirements: Knowledge in linear algebra, calculus, and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements are announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: <ol style="list-style-type: none"> (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam 				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Course specific lecture notes • I. Goodfellow et al. "Deep Learning" (MIT Press) • Selected research articles 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master program in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master program in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Magnetism II				
(Magnetismus II)				
Person in charge: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Lecturers: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Seminar: 1 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of magnetism according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules and to quantum mechanics of the Bachelor programme; Application of the knowledge taught in the module Magnetism I to advanced topics in magnetism. • Ability to prepare selected topics of magnetism for a seminar presentation and to present them within a seminar talk to an audience. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Magnetism in reduced dimensions • Magnetoresistivity • Applications • Measurement methods 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics. Knowledge of the module <i>Magnetism I</i> .				
Examination: Usually a graded oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points:				
(1) Presentation of seminar talk (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • M. Getzlaff: Fundamentals of Magnetism (Springer-Verlag) • S. Blundell: Magnetism in condensed matter (Oxford University Press) • selected review articles and monographs 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Materials Science				
(Materialwissenschaften)				
Person in charge: Prof. Dr. D. Schierbaum				
Lecturers: Prof. Dr. D. Schierbaum				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of concepts and results of materials science • Knowledge of the relevance of materials science for chemical sensors 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of chemical thermodynamics, kinetics, heterogeneous catalysis and electrochemistry • Disorder in solids, in particular in metal oxides • Electron and ion conductance • Principles of chemical sensors 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.				
Examination: Usually a graded oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points:				
Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • W. Göpel, J. Hesse, J. N. Zemel: Sensors - A Comprehensive Survey, VCH; • Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik Band 6, de Gruyter; • Ziegler, Göpel: Einführung in die Materialwissenschaften: Physikalisch-chemische Grundlagen und Anwendungen, Teubner 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Monte Carlo Simulations in Physical Applications				
(Monte Carlo Simulationen in physikalischen Anwendungen)				
Person in charge: Dr. M. Rack				
Lecturers: Dr. M. Rack				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 1 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 22 Ü: 22
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of the Monte Carlo method to solve deterministic or stochastic problems of experimental mathematics, e.g. modelling of physical processes. • Ability to implement Monte Carlo algorithms for numerical integration and simulation. • Connection of methods taught in this module to other fields of research. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the Monte Carlo method • Algorithms for Monte Carlo integration • Algorithms for Monte Carlo simulation 				
Participation requirements: Knowledge of statistical physics. Basic knowledge of a programming language.				
Examination: Usually a programming project proceeding the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • M. Newman, "Computational Physics", CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012, ISBN 1-4801-4551-3 • "Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing", Cambridge University Press, Third Edition, 2007, ISBN-10 0521880688 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Nanotechnology				
(Nanotechnologie)				
Person in charge: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Lecturers: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Seminar: 1 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of nanotechnology according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules and to quantum mechanics of the Bachelor programme in physics • Ability to prepare selected topics of nanotechnology for a seminar presentation and to present them within a seminar talk to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Cluster and nanoparticles • Thin films and thin film technology • Processes for structuring • Technology of micro and nanosystems • Nanoanalytics • Nanoelectronics • Nanobiotechnology • Nanotechnology in medicine • Nanotechnology for everyday life 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Usually a graded oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Presentation of seminar talk (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected books and monographs 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Nonlinear Optics and Ultrafast Lasers				
(Nichtlineare Optik und Ultrakurzpuls laser)				
Person in charge: Dr. M. Cerchez				
Lecturers: Dr. M. Cerchez				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of basic and advanced concepts and results of nonlinear optics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules, in particular to optics and laser physics; • Knowledge of the most important applications of nonlinear optical processes and ultrafast laser pulse propagation 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Nonlinear optical susceptibility • Second- and third-order nonlinear processes • Crystal optics • Nonlinear optical interactions • Parametric processes, phase-matching • Intensity dependent refractive index • Fundamentals of ultrashort pulses • Linear and nonlinear propagation • Laser pulse generation and amplification • Dispersion compensation 				
Participation requirements: Knowledge in experimental physics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics; <i>Laser Physics</i> (recommended)				
Examination: Usually a graded oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • W. Göpel, J. Hesse, J. N. Zemel: <i>Sensors - A Comprehensive Survey</i>, VCH; • Bergmann, Schäfer: <i>Lehrbuch der Experimentalphysik Band 6</i>, de Gruyter; • Ziegler, Göpel: <i>Einführung in die Materialwissenschaften: Physikalisch-chemische Grundlagen und Anwendungen</i>, Teubner 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Numerical Simulations				
(Numerische Simulationen)				
Person in charge: PD Dr. G. Lehmann				
Lecturers: PD Dr. G. Lehmann				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS Exercise class: 2 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 50 Ü: 20 - 30
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Solid knowledge in basic concepts of numerical simulations in relevance to physical systems • Linux basics and basic knowledge of common development tools • Implementation of numerical algorithms in C++ • Numerical solution of ordinary and partial differential equations • Application of basic parallelization strategies 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Finite differences • Direct and iterative solvers for systems of linear equations • Boundary value problems for partial differential equations • Root finding • Initial value problems for ordinary differential equations • Finite difference methods for solving initial value problems of partial differential equations • Introduction to C++ 				
Participation requirements: Knowledge in theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • will be announced by the lecturer 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Quantum Gases				
(Quantengase)				
Person in charge: Prof. Dr. Axel Görlitz				
Lecturers: Prof. Dr. Axel Görlitz				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of Bose-Einstein condensation and quantum degenerate Fermi gases according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to elementary quantum mechanics, atomic physics, experimental and theoretical quantum optics. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Theoretical foundations of Bose-Einstein condensation • Bose-Einstein condensation in dilute gases • Atom optics with Bose-Einstein condensates • Many-particle physics with Bose-Einstein condensates • Ultracold Fermi gases • Advanced topics 				
Participation requirements: Knowledge in atomic physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics; basic knowledge in quantum optics according to the module <i>Experimental Quantum Optics</i> .				
Examination: Usually a graded oral exam at the end of the lecture. The details of the exam and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • C. J. Pethick and H. Smith, Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases; Cambridge University Press (2002) • P. Meystre, Atom Optics, Springer-Verlag (2001) • selected review articles 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Scientific Data Analysis and Modelling				
(Wissenschaftliche Datenanalyse und Modellierung)				
Person in charge: Dr. M. Rack				
Lecturers: Dr. M. Rack				
Work load	Credit points	Contact time	Self-study time	Duration
120 h	4 LP	45 h	75 h	1 semester
Components Lecture: 1.5 SWS Exercise class: 1.5 SWS		Frequency 1x per study year (typ. summer term)		Group size V: ca. 20 Ü: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of a programming / script language for the processing of experimental results. • Ability to implement numerical models from the field of theoretical plasma physics. • Knowledge of typical, computational methods used in fusion research. • Connection of methods taught in this module to other fields of research. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to a programming and scripting language • Computational methods in experimental physics (e.g., fit algorithms, spectrum and mode analysis, phase-correlation for movement correction in image processing) • Computational methods in theoretical physics (numerical approaches to solve partial differential equations, e.g., for diffusion and heat conduction phenomena) 				
Participation requirements: Knowledge in physics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics or in Medical Physics. Successful participation in one of the modules <i>Numerical Simulations</i> or <i>Computational Physics</i> .				
Examination: Usually a programming project proceeding the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 4				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • M. Newman, "Computational Physics", CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012, ISBN 1-4801-4551-3 • T. Tajima, "Computational Plasma Physics", Westview Press, Boulder, 2004, ISBN 0-8133-4211-2 • S. Jardin, "Computational Methods in Plasma Physics", CRC Press, Boca Raton, 2010, ISBN 978-1-4398-1021-7 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information: The course is typically held as a compact course with a duration of two weeks.				

Simple and Complex Fluids: Theory, Simulation and Experiment				
(Einfache und komplexe Flüssigkeiten – Theorie, Simulation und Experiment)				
Person in charge: Prof. Dr. J.K.G. Dhont				
Lecturers: Prof. Dr. J.K.G. Dhont, Prof. Dr. G. Nägele, Dr. P. Lang				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of basic and advanced concepts and results of fluid physics according to the table of contents • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules of the Bachelor programme; • Ability to solve typical exercises in fluid physics and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Review of simple and complex fluids • Structure and phase behavior • Scattering methods and microscopy • Hydrodynamics • Diffusion and flow • Dynamic computer simulations • Selected advanced topics 				
Participation requirements: <i>Statistical Mechanics</i>				
Examination: Graded written or oral examination at the end of the module. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 8				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles and monographs 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Soft Matter Systems: Advanced Experimental and Theoretical Methods				
(Weiche Materie – Fortgeschrittene experimentelle und theoretische Methoden)				
Person in charge: Prof. Dr. J.K.G. Dhont				
Lecturers: Prof. Dr. J.K.G. Dhont, Prof. Dr. G. Nägele, Dr. P. Lang				
Work load 240 h	Credit points 8 LP	Contact time 90 h	Self-study time 150 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 4 SWS Exercise class: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of soft matter physics according to the table of contents • Connection of the concepts taught in this module to the modules Experimental Soft Matter Physics and Theoretical Soft Matter Physics • Ability to solve typical exercises in fluid physics and to present the solutions to an audience. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to colloids • Interactions between colloidal particles • Equilibrium phase behaviour • Microstructural order: Ornstein-Zernike theory • Single-particle dynamics: the Langevin approach • Experimental scattering methods (statics and dynamics) • scattering methods with evanescent illumination (statics and dynamics) • Experimental fluorescence techniques to probe dynamics (FRAP and FCS) • Hydrodynamic interactions in bulk and in confinements • Dynamics of concentrated systems: the Smoluchowski equation • Diffusion in concentrated colloidal suspensions • Phase separation kinetics: initial spinodal decomposition 				
Participation requirements: <i>Statistical Mechanics</i> ; Knowledge in soft matter according to the <i>Focus Area Soft Matter</i> .				
Examination: Graded written or oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points:				
(1) Successful participation in exercise classes				
(2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 8				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles and monographs 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Surface Code Quantum Computation				
(Oberflächencode basierte Quantenrechner)				
Person in charge: PD Dr. H. Kampermann				
Lecturer: PD Dr. H. Kampermann				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Exercise class: 1 SWS		Frequency 1x per study year (typ. winter term)		Group size V: ca. 20 Ü: <20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Ability to read and understand modern literature about quantum computing devices; • Knowledge of strategies and methods to perform quantum computation in noisy environments; • Understand the basic concepts and problems in realistic quantum computing devices; • Ability to solve exercises in quantum computation theory and to present the solutions to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Concepts of quantum computation • Classical error correction theory (linear codes) • Quantum Error Correction • Rudimentary introduction to topology • Topological quantum error correction (Surface code) • Surface Code Quantum Computation • Fault-tolerant Quantum Computation (The threshold theorem) 				
Participation requirements: Knowledge of quantum mechanics and of the concepts of theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor program in physics; basic knowledge of quantum information theory according to the module <i>Theoretical Quantum Optics and Quantum Information</i> .				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: <ol style="list-style-type: none"> (1) Successful participation in exercise classes (2) Passing of module exam 				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • D.L. Lidar, T.A Brun (eds.), Quantum Error Correction, Cambridge University Press (2013) • S. Ling, C Xing, Coding Theory: A First Course, Cambridge University Press (2004) • Selected original and review papers 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Surface Physics II				
(Oberflächenphysik II)				
Person in charge: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Lecturers: Prof. Dr. M. Getzlaff				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 3 SWS Seminar: 1 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of surface physics according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the Surface Physics I module; • Ability to prepare selected topics advanced surface physics for a seminar presentation and to present them within a seminar talk to an audience. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Measurement methods: diffraction • Measurement methods: electron spectroscopy • Measurement methods: microscopy • Further measurement method 				
Participation requirements: Basic knowledge of surface physics according to the module <i>Surface Physics I</i> .				
Examination: Usually a graded oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: <ol style="list-style-type: none"> (1) Presentation of seminar talk (2) Passing of module exam 				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Oura: Surface Science (Springer-Verlag) • Lecture notes • Selected review articles and monographs 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Ultrafast Optics				
(Ultraschnelle Optik)				
Person in charge: PD Dr. T. Toncian				
Lecturers: PD Dr. T. Toncian				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Lecture: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of selected advanced concepts and results of short-pulse lasers physics and ultrafast optics; • Connection of the concepts taught in this module to optics and plasma physics. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • Production and measurement of ultrashort laser pulses • Amplification of ultrashort laser pulses • Dilatation and compression of laser pulses • Examples of laser plasma physics with ultrashort laser pulses 				
Participation requirements: Knowledge in optics and laser physics.				
Examination: Graded written or oral exam at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • Rick Trebino – Ultra Fast Optics 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information: The course is typically held as a compact course with a duration of two weeks.				

3.5 Wahlpflichtbereich Physik – Seminare, Praktika, Lernprojekte

Biophysik - Computerpraktikum				
(Biophysics – Practical Computer Course)				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. G. Schröder				
Dozierende: Prof. Dr. G. Schröder				
Arbeitsaufwand 180 h	Leistungspunkte 6 LP	Kontaktzeit 56 h	Selbststudium 124 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen 7-tägiges Blockpraktikum		Häufigkeit des Angebots 1x pro Studienjahr		Gruppengröße P: 15
Lernergebnisse/Kompetenzen:				
<ul style="list-style-type: none"> Fähigkeit zur Durchführung von Simulationen und numerischen Rechnungen in der Biophysik 				
Inhalte:				
<ul style="list-style-type: none"> Proteinstrukturbestimmung aus röntgenkristallographischen Daten Homologie-Modellierung Analyse von Proteinstrukturen Molekulardynamik-Simulationen Freie-Energie-Rechnungen Hodgkin-Huxley-Modell (Nervenerregung / Aktionspotential) 				
Teilnahmevoraussetzungen: Theoretische Biophysik (empfohlen)				
Prüfungsformen: Benotete Versuchsprotokolle				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul:				
(1) Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum				
(2) Angenommene Versuchsprotokolle				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 6				
Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch				
Literatur:				
<ul style="list-style-type: none"> Meyer B. Jackson: Molecular and Cellular Biophysics, Cambridge University Press (2006) 				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> Masterstudiengang Physik (Wahlpflichtbereich Physik, Wahlbereich) Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Physik, Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) 				
Sonstige Informationen:				

Directed Study				
(Angeleitetes Lernprojekt)				
Person in charge: Lecturers of Physics and Medical Physics at the HHU Düsseldorf				
Lecturers: Lecturers of Physics and Medical Physics at the HHU Düsseldorf				
Work load 90 -180 h	Credit points 3-6 LP	Contact time	Self-study time	Duration 1 semester
Components Research related project		Frequency		Group size individual
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Advanced knowledge in the topic of the directed study; • Special experimental skills of relevance for the master thesis project or ability to apply concepts and methods of theoretical physics. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> • The specific content depends on the individual project. If the directed study project is part of the specialization, the student acquires special knowledge, skills and competences required to carry out the master thesis. 				
Participation requirements: Advanced knowledge in experimental and theoretical physics according to the modules in the specific research field.				
Examination: Graded written report.				
Requirements for credit points: Acceptance of report.				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English or German				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> • Selected review and original papers and monographs. 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Medical Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Journal Club on Experimental Quantum Optics				
(Journal Club – Experimentelle Quantenoptik)				
Person in charge: Prof. Dr. A. Görlitz				
Lecturers: Prof. Dr. A. Görlitz				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Seminar: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced selected concepts and results of experimental quantum optics; • Application of general knowledge in atomic physics and experimental quantum optics to state-of-the art experiments; • Ability to prepare selected topics of experimental quantum optics for an oral presentation and to present it to the participants of the module in a seminar talk. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Selected advanced topics of experimental quantum optics: e. g. Superfluid quantum gases, ultracold Rydberg atoms, ultracold molecules, experimental systems for quantum information, applications of experimental quantum optics to precision measurements. 				
Participation requirements: Knowledge in quantum mechanics, experimental atomic physics and experimental quantum optics.				
Examination: Graded seminar talk (presentation of an original publication)				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review and original papers. 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Journal Club on Quantum Information Theory				
(Journal Club – Quanteninformatiionstheorie)				
Person in charge: Prof. Dr. D. Bruß				
Lecturers: Prof. Dr. D. Bruß				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Seminar: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced selected concepts and results of quantum information theory according to the table of contents; • Application of key results of theoretical physics, in particular of quantum optics and quantum information, to quantum information theory; • Ability to prepare selected topics of quantum information theory for an oral presentation and to present it to the participants of the module in a seminar talk. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Selected advanced topics of quantum information theory, e.g. entanglement theory, state analysis, quantum cryptography, quantum networks, nonlocality, quantum Darwinism, quantum effects in biology. 				
Participation requirements: Knowledge in quantum mechanics and further concepts in theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics; <i>Theoretical Quantum Optics and Quantum Information</i> .				
Examination: Graded seminar talk (presentation of an original publication)				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review and original papers. 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Journal Club on Condensed Matter Theory				
(Journal Club – Theoretische Festkörperphysik)				
Persons in charge: Prof. Dr. R. Egger				
Lecturers: Prof. Dr. R. Egger, Dr. A. Zazunov, MSc. M. Gau				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Seminar: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size ca. 15
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced selected concepts and results of condensed matter theory; • Application of general knowledge in quantum mechanics and solid state physics to state-of-the art theory and experiments; • Ability to prepare selected topics of condensed matter theory and quantum information for an oral presentation and to present it to the participants of the module in a seminar talk. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Selected advanced topics of condensed matter theory and quantum information: recent developments in mesoscopic superconductivity and topological matter, e.g., transport signatures, entanglement generation and detection in devices hosting Majorana fermions; introduction to the theory of weak measurements. • Students present talk on these topics or papers 				
Participation requirements: Knowledge in quantum mechanics and condensed matter theory				
Examination: Oral presentation of a talk which will be graded				
Requirements for credit points: Active participation in seminar, presentation of a talk				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review and original papers. 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Seminar - Fundamental Experiments of Nanophysics				
(Seminar - Fundamentale Experimente der Nanophysik)				
Person in charge: Prof. Dr. T. Heinzel				
Lecturers: Prof. Dr. T. Heinzel				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Seminar: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of selected concepts and results of experiments in nanophysics; • Application of key results of solid-state physics and quantum mechanics to nanophysics; • Ability to prepare selected topics of nanophysics for an oral presentation and to present it to the participants of the module in a seminar talk 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Selected experimental methods and results of nanophysics. 				
Participation requirements: Knowledge of basic and advanced concepts of solid-state physics.				
Examination: Graded seminar talk.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review and original publications. 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Seminar - Laser Plasma Physics				
(Seminar - Laserplasmaphysik)				
Person in charge: Prof. Dr. O. Willi				
Lecturers Prof. Dr. O. Willi				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Seminar: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of laser plasma physics; • Connection of the concepts taught in this module to the module Experimental Plasma Physics; • Ability to prepare a selected topic of laser plasma physics for a seminar talk and give the corresponding oral presentation. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Fundamental concepts and current research topics of laser plasma physics. 				
Participation requirements: <i>Experimental Plasma Physics</i> , knowledge of laser physics.				
Examination: Graded seminar talk.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review and original papers. 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Seminar - Physics of Biomolecules				
(Seminar - Physik der Biomoleküle)				
Person in charge: Prof. Dr. S. Egelhaaf				
Lecturers: Prof. Dr. S. Egelhaaf				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Seminar: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of soft matter physics according to the table of contents and their application to biophysical and biomedical problems; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules and to statistical mechanics of the Bachelor programme; • Ability to prepare a selected topic of soft and biological matter physics for a seminar talk and give the corresponding oral presentation. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Proteins: e.g. protein phases and folding; • DNA, RNA, long sugars, protein aggregates: mechanical properties, polymer electrolytes; • Biomembranes (e.g. Membrane flexibility, domain formation, exo- and endocytosis) 				
Participation requirements: Knowledge of soft matter physics according to the Focus Area Soft Matter.				
Examination: Graded seminar talk				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review and original papers. 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Medical Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

Seminar - Quantum Transport in Nanostructures				
(Seminar - Quantum Transport in Nanostructures)				
Person in charge: Prof. Dr. R. Egger				
Lecturers: Prof. Dr. R. Egger				
Work load 90 h	Credit points 3 LP	Contact time 30 h	Self-study time 60 h	Duration 1 semester
Components Seminar: 2 SWS		Frequency irregularly		Group size V: ca. 20
Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of selected aspects of quantum transport in nanostructures; • Connection of the concepts taught in this module to solid state physics and to quantum mechanics of the Bachelor programme in physics as well as to the physics focus Solid State Physics and Nanophysics; • Ability to prepare a selected topic of quantum transport in nanostructures for a seminar talk and to give the corresponding oral presentation. 				
Content: <ul style="list-style-type: none"> • Latest research aspects of quantum transport in nanostructures. 				
Participation requirements: <i>Theoretical Solid State Physics</i> , knowledge of laser physics.				
Examination: Graded seminar talk.				
Requirements for credit points: Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 3				
Language of instruction: English				
Literature: <ul style="list-style-type: none"> • Selected review and original papers. 				
Usability: <ul style="list-style-type: none"> • Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) • Master programme in Medical Physics (Elective Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

3.6 Wahlpflichtbereich Medizinische Physik

Bildgebende Verfahren				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. C. Monzel				
Dozierende: Die Dozierenden der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 90	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 60 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots Sommersemester		Gruppengröße V: 50
Lernergebnisse/Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse der wichtigsten Bildgebenden Verfahren gemäß Inhaltsangabe; • Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin: Kenntnisse der Anwendungsgebiete physikalisch basierter Bildgebungsverfahren in der Medizin. 				
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Digitaler Bildaufbau, digitale Bildspeicherung • Wechselwirkung von alpha-, beta-, gamma- und Röntgenstrahlung mit Materie • Sensoren • Thermographie • Prinzip der Tomographie, NMR (nuclear magnetic resonance), NMRT (nuclear magnetic resonance tomography); • Piezoelektrische Wandler, Ultraschall-Sonographie, Ultraschall-Dopplersonographie, Artefakte in der US-Sonographie • Künstliche Radionuklide, Szintigramme, SPECT (single photon emission computed tomography), PET (positron emission tomography); • MEG (magnetoencephalography), Josephson-Effekt, SQUID; • Elektronenmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie • Rastersondenmikroskopie 				
Teilnahmevoraussetzungen: Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik, Thermodynamik, Physikalisches Grundpraktikum I und II, Optik (inhaltlich)				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul: Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 3				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Originalpublikationen; • O. Dössel, Bildgebende Verfahren in der Medizin, Springer Verlag • S. Webb: Physics of Medical Imaging, Adam Hilger (1988) 				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Bachelorstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich) • Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) • Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Anwendungen von Nuklearmagnetresonanz (NMR) -Techniken in der Medizin				
Modulverantwortliche/r: Dr. M. Salehi Ravesh				
Dozierende: Dozent(inn)en des Deutschen Diabeteszentrums, des Universitätsklinikums Freiburg und des Universitätsklinikums Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 180	Leistungspunkte 6 LP	Kontaktzeit 60 h	Selbststudium 120 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 1 SWS Praktikum: 2 SWS Seminar: 1 SWS		Häufigkeit des Angebots unregelmäßig		Gruppengröße 15
Lernergebnisse/Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse der wichtigsten Konzepte in der Nuklearmagnetresonanz gemäß der Inhaltsangabe; • Kenntnis der Relevanz und Anwendung der Nuklearmagnetresonanz in der Medizin 				
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Hochfrequenztechnik, -Spulen • Einführung in die MR-Sicherheit • Einführung in die experimentelle und klinische Anwendung der Spektroskopie • Multinukleare Spektroskopie (1H,31P, 13C) • Einführung in die Auswertesoftware für die Spektroskopie • Einführung in die native und kontrastmittelverstärkte MR-Bildgebung • Einführung in die Kleintier-Bildgebung • Magnetresonanztomographie (Herstellen von Messphantome, Bestimmung der Relaxationszeiten (T1, T2], Gehirnbildgebung, Thoraxbildgebung, Abdominelle Bildgebung, Extremitätenbildgebung) 				
Teilnahmevoraussetzungen: <i>Mathematische Methoden 1+2, Elektrizität und Magnetismus, Experimentelle Atomphysik (inhaltlich)</i>				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul: Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 6				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik: Röntgendiagnostik und Angiographie/ Computertomographie/ Nuklearmedizin/ Magnetresonanztomographie/ Sonographie/ Integrierte Informationssysteme. Wiley, H. Morneburg, ISBN: 978-3-89578-002-8 • Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design. E. M. Haacke, R. W. Brown, M. R. Thompson, R. Venkatesan, Wiley-Liss, ISBN: 978-0-471-35128-3 • Fundamentals of medical imaging. Cambridge University Press, P. Suetens. ISBN: 978-0521519151 • Magnetresonanztomographie, M. Reiser und W. Semmler, Springer, ISBN: 3-540-666668-0 • In Vivo NMR Spectroscopy: Principle and Techniques, R. De Graaf, Wiley, ISBN: 978-0-470-02670-0 				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) • Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Einführung in die Strahlentherapie				
Modulverantwortliche/r: Dr. I. Simiantonakis				
Dozierende: Dr. I. Simiantonakis				
Arbeitsaufwand 90	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 60 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots 1x pro Studienjahr		Gruppengröße V: 30
Lernergebnisse/Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Fundierte Grundkenntnisse der physikalischen Grundlagen der Strahlentherapie; • Wesentliche Medizinische Thematiken, die für die Strahlentherapie essentiell sind; • Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen, insbesondere aus der Anatomie, Physiologie und der Medizinischen Physik. 				
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Übersicht: Aspekte der Strahlentherapie • Stellung und Pflichten des Strahlenschutzverantwortlichen und -beauftragten • Spezielle Rechtsvorschriften und Richtlinien • Behördliche Verfahren und Überprüfungen, Strahlenschutz von Patienten und Personal, Umgebungs- und baulicher Strahlenschutz, Verhalten bei Stör- und Unfällen, Physik direkt ionisierender und indirekt ionisierender Strahlung • Anwendung ionisierender Strahlung in der Therapie • Physik und Technik von Bestrahlungsanlagen und -einrichtungen, Beeinflussung der Dosisverteilung, • Kontrolle von Bestrahlungsanlagen und -einrichtungen • Qualitätssicherung, Verifikation und Protokollierung, Bildprozessoren • Biologische Grundlagen der Strahlentherapie, Klinische Dosimetrie und Dosisbestimmung, • Medizinische und physikalische Bestrahlungsplanung, Dosisoptimierung • Biologische Modelle, Indikationen für eine Bestrahlung und Dosierungsschemata, Verfahren der Tumorlokalisation • Techniken der perkutanen, intrakavitären und interstitiellen Bestrahlung • Planung und Einrichtung einer Strahlentherapieeinrichtung 				
Teilnahmevoraussetzungen: <i>Elektrizität und Magnetismus, Experimentelle Atomphysik (inhaltlich)</i>				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul:				
Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 3				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • H. Krieger: Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz, Bd. 1+2, Teubner • Verschiedene DIN-Normen zu Dosimetrie und Strahlenschutz 				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Bachelorstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich) • Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) • Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Humangenetik				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. B. Royer-Prokora, Prof. Dr. H. Rieder				
Dozierende: Prof. Dr. B. Royer-Prokora, Prof. Dr. H. Rieder				
Arbeitsaufwand 90	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 60 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 1 SWS Praktikum: 1 SWS		Häufigkeit des Angebots Wintersemester		Gruppengröße V: 30
Lernergebnisse/Kompetenzen:				
<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Fachkenntnisse der Humangenetik gemäß der Inhaltsangabe, Kenntnis und Verständnis der elementaren Fachbegriffe; • Umsetzung dieser Fachkenntnisse und Erlernen elementarer labortechnischer Fertigkeiten der Humangenetik im Praktikum; • Anwendung einiger Konzepte der Biologie auf die Humangenetik. 				
Inhalte:				
<ul style="list-style-type: none"> • Molekulare Grundlagen der Humangenetik • Mutationen und ihre Folgen für die Gesundheit • Chromosomen des Menschen • Chromosomenstörungen • Formale Genetik und multifaktorielle Beerbung • Genetische Diagnostik und Beratung • Angeborene Fehlbildungen und Dysmorphiesyndrome 				
Teilnahmevoraussetzungen: Zell- und Molekularbiologie (inhaltlich)				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul:				
Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 3				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: wird vom Dozenten bekannt gegeben				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> • Bachelorstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich) • Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) • Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Ionisierende Strahlung und Strahlenschutz				
Modulverantwortliche/r: Prof. F. Hoyler				
Dozierende: Prof. F. Hoyler und weitere Dozenten der Medizin an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 120	Leistungspunkte 4 LP	Kontaktzeit 48 h	Selbststudium 72 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Grundkurs Strahlenschutz gem. Anlage A3 2.1 der Strahlenschutzverordnung (StrSchV) Spezialkurs Strahlenschutz gem. Anlage A3 2.2. der StrSchV		Häufigkeit des Angebots Wintersemester		Gruppengröße V: 20
Lernergebnisse/Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, wie sie von der StrSchV für Grund- und Spezialkurs Strahlenschutz gefordert werden. 				
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Grundkurs: <ul style="list-style-type: none"> ○ Physikalisch-technische Grundprinzipien, ○ Strahlenbiologische Grundlagen, ○ Dosimetrie und Dosisberechnungen, ○ Kontrollverfahren und Qualitätssicherung, ○ Stör- und Unfälle, ○ Bestrahlungsplanung, ○ Praktikum zur Strahlentherapie (Brachy- und Teletherapie) • Spezialkurs: <ul style="list-style-type: none"> ○ Radioaktive Stoffe in der Medizin, ○ Spezielle Rechtsvorschriften; ○ Regeln der Technik, ○ Kontamination und Dekontamination, ○ Dosimetrie und Dosisberechnungen, ○ Aufbewahrung, Transport und Beseitigung bzw. Ablieferung radioaktiver Stoffe, Praktikum zu Strahlenschutz bei Anwendung offener radioaktiver Stoffe; ○ Strahlenexposition; ○ Radioaktive Arzneimittel; ○ Qualitätssicherung, Unterweisung des Personals; ○ Information des Patienten (Strahlenschutz des Patienten), ○ Störfälle und Unfälle 				
Teilnahmevoraussetzungen: keine				
Prüfungsformen: Unbenotete schriftliche Modulabschlussprüfung.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul: Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 0				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Es werden Materialien von der Kursstätte für Strahlenschutz an der FH Aachen, Campus Jülich, bereitgestellt. 				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) 				
Sonstige Informationen:				

Modern Microscopy Techniques				
(Moderne Mikroskopieverfahren)				
Person in charge: Prof. Dr. S. Egelhaaf				
Lecturers: Prof. Dr. S. Egelhaaf, Dr. F. Platten				
Work load 180 h	Credit points 6 LP	Contact time 60 h	Self-study time 120 h	Duration 1 semester
Components		Frequency		Group size
Lecture:	2 SWS	irregularly		V: ca. 20
Exercise class:	1 SWS			
Laboratory course:	1 SWS			
Learning outcomes:				
<ul style="list-style-type: none"> Advanced knowledge of techniques and concepts in modern microscopy according to the contents; Acquisition of practical microscopy skills knowledge of principles and concepts common to all microscopy techniques. 				
Content:				
<ul style="list-style-type: none"> Optical microscopes Contrast enhancing methods Fluorescence microscopy Confocal microscopy Multi-photon microscopy Super-resolution microscopy Electron microscopy: transmission-EM and scanning-EM Atomic force microscopy 				
Participation requirements: <i>Optics</i>				
Examination: Usually a graded oral examination at the end of the lecture. The details of the examination and the admission requirements will be announced by the lecturer at the beginning of the module.				
Requirements for credit points:				
(1) Active participation in the exercise class and in the laboratory course				
(2) Passing of module exam				
Weight for overall grade (MSc Physics and MSc Medical Physics from PO 2019): 6				
Language of instruction: English				
Literature:				
<ul style="list-style-type: none"> will be announced by the lecturer 				
Usability:				
<ul style="list-style-type: none"> Master programme in Physics (Elective Physics Area, Elective Area) Master programme in Medical Physics (Elective Medical Physics Area, Elective Area) 				
Additional Information:				

MRT: Bilderzeugung, Bildrekonstruktion und Bildverarbeitung				
Modulverantwortliche/r: Dr. A. Müller-Lutz				
Dozierende: Dr. A. Müller-Lutz; weitere Dozent(inn)en des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 90	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 60 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots unregelmäßig		Gruppengröße V: 30
Lernergebnisse/Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse zu MRT Grundlagen der MRT-spezifischen Bildverarbeitung Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin 				
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> Magnetresonanztomographie PACS Bildverarbeitung MRI Sequenzen im k-Raum und Bildraum Bildrestauration, Bildartefakte Aufnahme von Bilddaten an einem MRT Bildsegmentierung Bildrekonstruktion Parallele Bildgebung Objekterkennung Darstellung physiologischer Prozesse mittels MRT Bewegungskorrektur 				
Teilnahmevoraussetzungen: Grundlegende medizinphysikalische Kenntnisse entsprechend den Lernergebnissen des Bachelorstudiengangs Medizinische Physik.				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul:				
Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 3				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: <ul style="list-style-type: none"> Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design. E. Mark Haacke, Robert W. Brown, Michael R. Thompson, Ramesh Venkatesan. ISBN: 978-0-471-35128-3 Bildgebende Verfahren in der Medizin. Olaf Dössel. ISBN: 3-540-66014-3 Handbook of MRI Pulse Sequences, Bernstein, King, ISBN: 978-0-12-092861-3 Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung Bernd Jähne. ISBN: 978-3642049514 Digital Image Processing Using MATLAB Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins. ISBN: 0-13-008519-7 				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Physik in der Medizin				
Modulverantwortliche/r: Prof. Budach				
Dozierende: Prof. Budach und weitere Professoren und Doktoren der teilnehmenden Kliniken und Institute und der HHU Düsseldorf und am Forschungszentrum Jülich				
Arbeitsaufwand 180	Leistungspunkte 6 LP	Kontaktzeit 60 h	Selbststudium 120 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 2 SWS Exkursion: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots Wintersemester		Gruppengröße V: 30 E: 30
Lernergebnisse/Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Umfassender Überblick über die Anwendungsgebiete physikalischer Konzepte und Methoden in der medizinischen Praxis in der Forschung und im klinischen Alltag; • Kenntnisse der jeweils relevanten medizinphysikalischen Fragestellungen. • Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten aus Physik und Medizin, Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin; • Kommunikationskompetenz. 				
Inhalte: Jede teilnehmende Einrichtung führt eine Vorlesung mit in der Regel sich anschließender Exkursion im Gesamtumfang von 2 bis 4 Stunden durch, in dessen Rahmen die jeweils relevanten physikalischen Aspekte in Diagnostik und Therapie vorgestellt werden. Eine Ausnahme bildet der Beitrag des INM-4 am FZ Jülich, der eine ganztägige Exkursion in Verbindung mit einer Vorlesung umfasst. Die Inhalte, die sich jeweils an die aktuellen Gegebenheiten anpassen, sind im Folgenden exemplarisch dargestellt. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Allgemeinchirurgie:</i> Minimalinvasive Chirurgie, Operationssteuerung • <i>Deutsches Diabetes-Zentrum:</i> Diagnostik zur Diabetes mittels MRT • <i>Endokrinologie:</i> Endokrine Erkrankungen, Diabetes mellitus, Erkrankungen der Schilddrüse und der Nebenniere. Sonographie, Fibroscan, RF-Ablation • <i>Gastroenterologie:</i> Lebererkrankungen: Leberzirrhose, Hepatitis. • <i>Hautklinik:</i> Photodynamische Therapie • <i>INM-4 am FZ Jülich:</i> Bildgebung mit MRT und PET in Neurologie und Psychiatrie: Grundlagen und Anwendungen • <i>Neurochirurgie:</i> Radiochirurgie und Navigation • <i>Neurologie:</i> Neurolog. Erkrankungen: Demenzen, Basalganglienerkrankungen, Schlaganfall. • <i>Nuklearmedizin:</i> PET-Diagnostik • <i>Phoniatrie:</i> Hördiagnostik bei Kindern • <i>Radiologie:</i> Tumorbildung: Kopf-Hals-Tumoren, Bronchialkarzinom, Tumoren des Abdominalraums, des Magen-Darmtrakts, im Urogenitalsystem, an Extremitäten. Computer und Magnetresonanztomographie, Projektionsverfahren, Nebenwirkungen strahlentherapeutischer Behandlungen, Indikationsstellung der Hyperthermiebehandlung, Diagnostik von Lymphknoten-Absiedlungen und Metastasen. • <i>Rechtsmedizin:</i> Physikalische Konzepte und Verfahren in der Rechtsmedizin • <i>Strahlentherapie:</i> Perkutane, intrakavitäre, interstitielle und stereotaktische Bestrahlung, intensitätsmodulierte, Protonen- und Hadronentherapie. 				
Teilnahmevoraussetzungen: keine				
Prüfungsformen: Schriftliche Berichte zu jeder Exkursion				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul: Qualifizierte Teilnahme				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 0				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur:				

<ul style="list-style-type: none">• Ausgewählte Übersichtsartikel
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none">• Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich)
Sonstige Informationen:

Physikalische und radiochemische Grundlagen der Nuklearmedizin				
Modulverantwortliche/r: PD Dr. S. Nikolaus				
Dozierende: PD Dr. S. Nikolaus				
Arbeitsaufwand 90	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 60 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots 1x pro Studienjahr		Gruppengröße V: 30
Lernergebnisse/Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse der Nuklearmedizin aus physikalischer und medizinischer Sicht • Transfer von Wissen aus den Modulen der Experimentalphysik und der Medizinphysik aus dem Bachelorstudiengang Medizinische Physik. 				
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Was ist radioaktive Strahlung? • Radioaktive Isotope und Radiopharmaka • Wie wird radioaktive Strahlung gemessen? • Gammakamera und SPECT • PET • PET/CT und SPECT/CT • Kleintiertomographie • Therapie mit ionisierender Strahlung • Rundgang durch die nuklearmedizinische Abteilung 				
Teilnahmevoraussetzungen: Grundlegende medizinphysikalische Kenntnisse entsprechend den Lernergebnissen des Bachelorstudiengangs Medizinische Physik.				
Prüfungsformen:				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul:				
Qualifizierte Teilnahme				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 0				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Dirk Pickuth, H Frommhold, H W Müller-Gärtner (Hrg.), Radiologie /Nuklearmedizin /Strahlentherapie in 2 Bänden, Uni-Med, ISBN 978-3-89599-134-9 				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) • Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Radiologische Bildgebung				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. H. Wittsack				
Dozierende: Prof. Dr. H. Wittsack; weitere Dozent(inn)en des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 90	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 60 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots 1x pro Studienjahr		Gruppengröße V: 30
Lernergebnisse/Kompetenzen:				
<ul style="list-style-type: none"> • Fundierte Kenntnisse der Radiologischen Bildgebung und ihrer Anwendung in der Medizin gemäß Inhaltsangabe; • Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen aus den in den Voraussetzungen angegebenen Modulen mit Fragestellungen der radiologischen Bildgebung; • Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin. 				
Inhalte:				
<ul style="list-style-type: none"> • Konzept eines Radiologie-Instituts • Konventionelle Röntgenverfahren • Digitale Subtraktions-Angiographie • Computertomographie • Magnetresonanztomographie • Kombination von Verfahren • Bildverarbeitung • Bildverteilung und -speicherung 				
Teilnahmevoraussetzungen: Mathematische Methoden 1+2, Elektrizität und Magnetismus, Experimentelle Atomphysik (inhaltlich)				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul:				
Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 3				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur:				
<ul style="list-style-type: none"> • Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik: Röntgendiagnostik und Angiographie/ Computertomographie/ Nuklearmedizin/ Magnetresonanztomographie/ Sonographie/ Integrierte Informationssysteme. Heinz Morneburg, ISBN: 978-3-89578-002-8 • Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design. E. Mark Haacke, Robert W. Brown, Michael R. Thompson, Ramesh Venkatesan. ISBN: 978-0-471-35128-3 • Fundamentals of medical imaging. Paul Suetens. ISBN: 978-0521519151 • Handbook of MRI Pulse Sequences, Bernstein, King, ISBN: 978-0-12-092861-3 • Wie funktioniert CT? Alkadi, Leschka, Stolzmann, Scheffel. ISBN: 978-3-642-17802-3 				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> • Bachelorstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich) • Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) • Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Röntgenphysik				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. G. Pretzler				
Dozierende: Prof. Dr. G. Pretzler				
Arbeitsaufwand 180	Leistungspunkte 6 LP	Kontaktzeit 75 h	Selbststudium 105 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 3 SWS Seminar: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots Wintersemester		Gruppengröße V: 50
Lernergebnisse/Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Vertiefte Fachkenntnisse in Röntgenphysik gemäß der Inhaltsangabe; • Fähigkeit zur Präsentation eines ausgewählten Themas im Rahmen eines Seminarvortrags; • • Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin 				
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Entstehungsprozesse für Röntgenstrahlung • Technische Ansätze zur Röntgenstrahlungserzeugung • Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie: Absorption, Streuung, Brechung • Techniken zur Sammlung, Abbildung und Spektralaufspaltung • Röntgendetektoren • Gerätetechnik: Beispiele für Gesamtanlagen • Anwendung von Röntgenstrahlung: Beispiele aus Medizin, Plasmaphysik, Materialforschung, Astrophysik u.a. • Sicherheitsaspekte bei der Arbeit mit Röntgenstrahlung 				
Teilnahmevoraussetzungen: Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik, Thermodynamik, Physikalisches Grundpraktikum I und II, Optik (inhaltlich)				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul:				
(1) Präsentation eines Seminarvortrags				
(2) Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 6				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Michette, Alan G., „X-ray science and technology“, IOP Publ., Bristol, 1993. 				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Physik (Wahlpflichtbereich Physik, Wahlbereich) • Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) • Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

Terminologie der Medizin				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. H. Fangerau				
Dozierende: Prof. Dr. H. Fangerau, weitere Dozent(inn)en des Instituts für Geschichte der Medizin an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 90	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 60 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Vorlesung: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots 1x pro Studienjahr		Gruppengröße V: 200
Lernergebnisse/Kompetenzen:				
<ul style="list-style-type: none"> Beherrschen der elementaren medizinischen Terminologie gemäß Inhaltsangabe. 				
Inhalte:				
<ul style="list-style-type: none"> Einführung Nomina Anatomica Klinische Fachsprache Repetitorium 				
Teilnahmevoraussetzungen: keine				
Prüfungsformen: Benotete schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul:				
Bestehen der Modulprüfung				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (MSc Physik und MSc Medizinische Physik ab PO 2019): 3				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur:				
<ul style="list-style-type: none"> Fangerau, Heiner; Schulz, Stefan; Noack, Thorsten; Müller, Irmgard: Medizinische Terminologie – ein Kompaktkurs. 3. überarbeitete Auflage, Berlin, Lehmanns Media 2008 (ISBN 978-3-86541-297-3). 				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> Bachelorstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich) Masterstudiengang Medizinische Physik (Wahlpflichtbereich Medizinische Physik, Wahlbereich) Weitere Studiengänge entsprechend Maßgabe der jeweiligen Prüfungsordnung 				
Sonstige Informationen:				

3.7 Abschlussbereich

Abschlussseminar (MSc Medizinische Physik)				
(Final Seminar)				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. A. Görlitz				
Dozierende: Die Dozierenden der Physik an der HHU Düsseldorf; externe Betreuer von Masterarbeiten in Medizinischer Physik				
Arbeitsaufwand 90 h	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 90 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Seminar: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots Wintersemester/Sommersemester		Gruppengröße 30
Lernergebnisse/Kompetenzen				
<ul style="list-style-type: none"> • Studierende können eigene wissenschaftliche Ergebnisse zielgruppengerecht für ein allgemein physikalisch und medizinphysikalisch gebildetes Publikum präsentieren; • Sie können ihr Thema wissenschaftlich diskutieren und in das weitere Forschungsfeld einordnen; • Studierende können Fachliteratur eigenständig recherchieren. 				
Inhalte				
<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung eines wissenschaftlichen Vortrages über ein im Rahmen der Masterarbeit selbst bearbeitetes Thema; • Abhalten eines Vortrages (Dauer: 25 Minuten) vor einem allgemein physikalisch gebildeten Auditorium; • Wissenschaftliche Diskussteilnahme als Vortragende(r) und als Zuhörer(in); • Seminarvorträge der Absolvent(inn)en in Physik und Medizinische Physik über die Themen der jeweiligen Bachelor- und Masterarbeit. 				
Teilnahmevoraussetzungen: Masterarbeit weitgehend fertiggestellt (formal)				
Prüfungsform: Benoteter mündlicher Seminarvortrag (25 Minuten)				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul				
Erfolgreiche Präsentation der Masterarbeit.				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (BSc Physik und BSc Medizinische Physik ab PO 2019): 3				
Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch				
Literatur: Spezialliteratur zum Thema der Bachelorarbeit				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Medizinische Physik 				
Sonstige Informationen				

Abschlussseminar (MSc Physik)				
(Final Seminar)				
Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. A. Görlitz				
Dozierende: Die Dozierenden der Physik an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 90 h	Leistungspunkte 3 LP	Kontaktzeit 30 h	Selbststudium 90 h	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Seminar: 2 SWS		Häufigkeit des Angebots Wintersemester/Sommersemester		Gruppengröße 30
Lernergebnisse/Kompetenzen				
<ul style="list-style-type: none"> • Studierende können eigene wissenschaftliche Ergebnisse zielgruppengerecht für ein allgemein physikalisch gebildetes Publikum präsentieren; • Sie können ihr Thema wissenschaftlich diskutieren und in das weitere Forschungsfeld einordnen; • Studierende können Fachliteratur eigenständig recherchieren. 				
Inhalte				
<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung eines wissenschaftlichen Vortrages über ein im Rahmen der Masterarbeit selbst bearbeitetes Thema; • Abhalten eines Vortrages (Dauer: 25 Minuten) vor einem allgemein physikalisch gebildeten Auditorium; • Wissenschaftliche Diskussionsteilnahme als Vortragende(r) und als Zuhörer(in); • Seminarvorträge der Absolvent(inn)en in Physik und Medizinische Physik über die Themen der jeweiligen Bachelor- und Masterarbeiten. 				
Teilnahmevoraussetzungen: Masterarbeit weitgehend fertiggestellt (formal)				
Prüfungsform: Benoteter mündlicher Seminarvortrag (25 Minuten)				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul				
Erfolgreiche Präsentation der Masterarbeit.				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (BSc Physik und BSc Medizinische Physik ab PO 2019): 3				
Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch				
Literatur: Spezialliteratur zum Thema der Masterarbeit				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Physik 				
Sonstige Informationen				

Masterarbeit (MSc Medizinische Physik)				
Modulverantwortliche/r: Die Dozierenden der Physik an der HHU; externe Betreuer				
Dozierende: Die Dozierenden der Physik				
Arbeitsaufwand 900 h	Leistungspunkte 30 LP	Kontaktzeit	Selbststudium	Dauer 6 Monate
Lehrveranstaltungen Abschlussarbeit		Häufigkeit des Angebots Sommer- und Wintersemester		Gruppengröße
Lernergebnisse/Kompetenzen: Die Lernziele können nach Thematik des Lernprojekts variieren. Typische Lernziele sind: <ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Bearbeitung einer wissenschaftlichen, medizinphysikalischen oder physikalischen Fragestellung aus einem selbst gewählten Forschungsbereich unter Anleitung; • Erwerb des für die Bearbeitung der Fragestellung relevanten Fachwissens aus Fachliteratur und über wissenschaftliche Kommunikation; • Beherrschung fortgeschrittener, spezieller experimenteller Techniken und/oder theoretischer Methoden; • Eigenständige Anwendung von Kenntnissen und Fertigkeiten aus Modulen des Masterstudiengangs und aus der Fachliteratur auf die Bearbeitung der Fragestellung; • Beherrschung der für die Fragestellung relevanten Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens; • Fähigkeit zur wissenschaftlichen Arbeit im Team beizutragen • Fähigkeit zur kritischen Diskussion wissenschaftlicher Ergebnisse beizutragen • Fähigkeit zur Abfassung eines wissenschaftlichen Berichts über ein eigenständig durchgeführtes Projekt 				
Inhalte: Die Masterarbeit ist die Abschlussarbeit des Masterstudiengangs Medizinische Physik. Die Anfertigung der Masterarbeit wird durch einen (eine) Professor(in) oder ein anderes habilitiertes Mitglied des Lehrkörpers betreut. Das Thema der Arbeit wird von dem (der) Betreuer(in) gestellt. Das Thema entstammt in der Regel dem Forschungsgebiet des Betreuers und steht in einem engen Bezug zum von dem (der) Studierenden gewählten Spezialisierung. Das Thema sollte anspruchsvoll und so gewählt sein, dass die Ergebnisse der Masterarbeit einen angemessenen Neuigkeitswert haben können. Im Idealfall sind die Ergebnisse publizierbar oder tragen zu einem publizierbaren wissenschaftlichen Projekt bei. Auf Antrag kann der Prüfungsausschuss einen externen Betreuer für die Betreuung der Masterarbeit bestellen. In diesem Fall wird ein Zweitbetreuer aus dem Lehrkörper der HHU Düsseldorf benannt.				
Teilnahmevoraussetzungen: Erwerb von mindestens 60 Leistungspunkten; bestandene Spezialisierung; bestandene Pflichtmodule des Masterstudiengangs.				
Prüfungsformen: Schriftliche Ausarbeitung der Ergebnisse der Masterarbeit.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul: Annahme der Masterarbeit.				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote: 45				
Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch				
Literatur: Weiterführende Monographien, Übersichtsartikel und Dissertationen aus dem gewählten Spezialgebiet.				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Medizinische Physik 				
Sonstige Informationen:				

Masterarbeit (MSc Physik)				
Modulverantwortliche/r: Die Dozierenden der Physik an der HHU;				
Dozierende: Die Dozierenden der Physik				
Arbeitsaufwand 900 h	Leistungspunkte 30 LP	Kontaktzeit	Selbststudium	Dauer 6 Monate
Lehrveranstaltungen Abschlussarbeit		Häufigkeit des Angebots Sommer- und Wintersemester		Gruppengröße
Lernergebnisse/Kompetenzen: Die Lernziele können nach Thematik des Lernprojekts variieren. Typische Lernziele sind: <ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Bearbeitung einer wissenschaftlichen, physikalischen Fragestellung aus einem selbst gewählten Forschungsbereich unter Anleitung; • Erwerb des für die Bearbeitung der Fragestellung relevanten Fachwissens aus Fachliteratur und über wissenschaftliche Kommunikation; • Beherrschung fortgeschrittener, spezieller experimenteller Techniken und/oder theoretischer Methoden; • Eigenständige Anwendung von Kenntnissen und Fertigkeiten aus Modulen des Masterstudiengangs und aus der Fachliteratur auf die Bearbeitung der Fragestellung; • Beherrschung der für die Fragestellung relevanten Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens; • Fähigkeit zur wissenschaftlichen Arbeit im Team beizutragen • Fähigkeit zur kritischen Diskussion wissenschaftlicher Ergebnisse beizutragen • Fähigkeit zur Abfassung eines wissenschaftlichen Berichts über ein eigenständig durchgeführtes Projekt 				
Inhalte: Die Masterarbeit ist die Abschlussarbeit des Masterstudiengangs Physik. Die Anfertigung der Masterarbeit wird durch einen (eine) Professor(in) oder ein anderes habilitiertes Mitglied des Lehrkörpers betreut. Das Thema der Arbeit wird von dem (der) Betreuer(in) gestellt. Das Thema entstammt in der Regel dem Forschungsgebiet des Betreuers und steht in einem engen Bezug zum von dem (der) Studierenden gewählten Spezialisierung. Das Thema sollte anspruchsvoll und so gewählt sein, dass die Ergebnisse der Masterarbeit einen angemessenen Neuigkeitswert haben können. Im Idealfall sind die Ergebnisse publizierbar oder tragen zu einem publizierbaren wissenschaftlichen Projekt bei. Auf Antrag kann der Prüfungsausschuss einen externen Betreuer für die Betreuung der Masterarbeit bestellen. In diesem Fall wird ein Zweitbetreuer aus dem Lehrkörper der HHU Düsseldorf benannt.				
Teilnahmevoraussetzungen: Erwerb von mindestens 60 Leistungspunkten; bestandene Spezialisierung.				
Prüfungsformen: Schriftliche Ausarbeitung der Ergebnisse der Masterarbeit.				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul: Annahme der Masterarbeit.				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote: 45				
Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch				
Literatur: Weiterführende Monographien, Übersichtsartikel und Dissertationen aus dem gewählten Spezialgebiet.				
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Physik 				
Sonstige Informationen:				

Spezialisierung (MSc Medizinische Physik)				
(Specialization)				
Modulverantwortliche/r: Die Dozierenden der Physik an der HHU Düsseldorf				
Dozierende: Die Dozierenden der Physik an der HHU Düsseldorf; externe Betreuer von Masterarbeiten				
Arbeitsaufwand 450 h	Leistungspunkte 15 LP	Kontaktzeit	Selbststudium	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Angeleitetes Lernprojekt		Häufigkeit des Angebots Wintersemester/Sommersemester		Gruppengröße I. d. R. Einzelbetreuung
Lernergebnisse/Kompetenzen:				
<ul style="list-style-type: none"> • Fundierte spezifische Fachkenntnisse in der Thematik des individuell festgelegten medizinphysikalischen oder physikalischen Projekts • Literaturrecherche und Erwerb von Fachwissen aus Fachliteratur • Wissenstransfer und Umsetzung von Fachwissen in wissenschaftliche Projektplanungen • Beherrschung für das Projekt relevanter experimenteller Techniken, numerischer oder theoretischer Methoden • Beherrschung der Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens • Methoden wissenschaftlicher Teamarbeit • Schriftliche Darstellung selbst recherchierter wissenschaftlicher Zusammenhänge und eigener Projektplanungen 				
Inhalte:				
<ul style="list-style-type: none"> • Im angeleiteten Lernprojekt erarbeiten sich Studierende unter Anleitung von Dozierenden theoretische Inhalte, numerische und/oder experimentelle Inhalte aus einem Spezialgebiet der Medizinischen Physik oder Physik. Diese Inhalte sollen eine Einführung in das Themengebiet der Masterarbeit darstellen. • Nach Absprache mit dem Betreuer kann die Spezialisierung neben dem angeleiteten Lernprojekt auch Vorlesungen, Seminare oder Praktika umfassen. 				
Teilnahmevoraussetzungen: Fortgeschrittene Kenntnisse in experimenteller, theoretischer und medizinischer Physik. Grundlegende Kenntnisse auf dem Fachgebiet der Spezialisierung.				
Prüfungsformen: Benoteter schriftlicher Bericht				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul: Annahme des schriftlichen Berichts.				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (BSc Physik und BSc Medizinische Physik ab PO 2019): 15				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: Weiterführende Monographien, Übersichtsartikel und Dissertationen aus dem gewählten Spezialgebiet.				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Medizinische Physik 				
Sonstige Informationen:				

Spezialisierung (MSc Physik)				
(Specialization)				
Modulverantwortliche/r: Die Dozierenden der Physik an der HHU Düsseldorf				
Dozierende: Die Dozierenden der Physik an der HHU Düsseldorf				
Arbeitsaufwand 450 h	Leistungspunkte 15 LP	Kontaktzeit	Selbststudium	Dauer 1 Semester
Lehrveranstaltungen Angeleitetes Lernprojekt		Häufigkeit des Angebots Wintersemester/Sommersemester		Gruppengröße I. d. R. Einzelbetreuung
Lernergebnisse/Kompetenzen:				
<ul style="list-style-type: none"> • Fundierte spezifische Fachkenntnisse in der Thematik des individuell festgelegten physikalischen Projekts • Literaturrecherche und Erwerb von Fachwissen aus Fachliteratur • Wissenstransfer und Umsetzung von Fachwissen in wissenschaftliche Projektplanungen • Beherrschung für das Projekt relevanter experimenteller Techniken, numerischer oder theoretischer Methoden • Beherrschung der Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens • Methoden wissenschaftlicher Teamarbeit • Schriftliche Darstellung selbst recherchierter wissenschaftlicher Zusammenhänge und eigener Projektplanungen 				
Inhalte:				
<ul style="list-style-type: none"> • Im angeleiteten Lernprojekt erarbeiten sich Studierende unter Anleitung von Dozierenden theoretische Inhalte, numerische und/oder experimentelle Inhalte aus einem Spezialgebiet der Physik. Diese Inhalte sollen eine Einführung in das Themengebiet der Masterarbeit darstellen. • Nach Absprache mit dem Betreuer kann die Spezialisierung neben dem angeleiteten Lernprojekt auch Vorlesungen, Seminare oder Praktika umfassen. 				
Teilnahmevoraussetzungen: Fortgeschrittene Kenntnisse in experimenteller und theoretischer Physik. Grundlegende Kenntnisse auf dem Fachgebiet der Spezialisierung.				
Prüfungsformen: Benoteter schriftlicher Bericht				
Voraussetzungen für die Vergabe der Leistungspunkte für dieses Modul: Annahme des schriftlichen Berichts.				
Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote (BSc Physik und BSc Medizinische Physik ab PO 2019): 15				
Unterrichtssprache: Deutsch				
Literatur: Weiterführende Monographien, Übersichtsartikel und Dissertationen aus dem gewählten Spezialgebiet.				
Verwendbarkeit:				
<ul style="list-style-type: none"> • Masterstudiengang Physik 				
Sonstige Informationen:				