



Modulhandbuch für die Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik

(Stand 01.03.2013)

Liebe Studierende,

das Modulhandbuch für die Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik enthält Informationen über Module, die gemäß der ab dem Winter-Semester 2012/13 geltenden Prüfungsordnung belegt werden können. Die Unterrichtsprache ist in den meisten 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 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)

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 über das erste Studienjahr. In dieser Stufe wählen die Studierenden in den Modulen *Schwerpunkt* (Physics focus) 1 und 2 zwei der vier Forschungsschwerpunkte in Physik (Plasmaphysik, Kondensierte Materie, Festkörperphysik sowie Quantenoptik/Quanteninformation) an der HHU 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 Wahlmodule (*Elective modules*) vervollständigt, in welchen 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 nicht nur, 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 nennensondern bilden auch die Basis einer ganzheitlichen Betrachtungsweise der Physik, indem sie aufzeigen, wie in 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.

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. Im Ergänzungsbereich (Complementary Physics) wird spezielles Wissen vermittelt, 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 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 *Kolloquiums*.

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 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 (*Festkörperphysik, Statistische Mechanik, Biophysik, Ionisierende Strahlung* und *Physik in der Medizin*) angeboten, deren Lehrinhalte für einen Masterabschluss in Medizinischer Physik unabdingbar sind. Hierbei bauen die Module *Biophysik, Festkörperphysik* und *Statistische Mechanik* auf dem Bachelorabschluss in Medizinischer Physik auf und 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 sind. Die Module *Ionisierende Strahlung* und *Physik in der Medizin* weisen einen anderen Charakter auf. In *Ionisierende Strahlung* werden im Rahmen eines zertifizierten Strahlenschutzkurses diejenigen Kenntnisse und Fertigkeiten aus dem Bereich des Strahlenschutzes vermittelt, die zur Arbeit mit ionisierender Strahlung in der Medizinphysik unabdingbar sind. Das Modul schließt mit einer schriftlichen Prüfung ab. Im Modul *Physik in der Medizin*

werden Exkursionen in zahlreiche Kliniken und medizinische Institute durchgeführt, in denen physikalische Methoden relevant sind. So erhalten die Studierenden einen umfassenden Einblick in die zahlreichen, teilweise sehr komplexen Anwendungen physikalischer Technologien und Konzepte in der Medizin. Beispiele sind mikrochirurgische Technologien, photodynamische Therapien oder MRT-Diagnostik. In diesem Modul herrscht Anwesenheitspflicht, während aufgrund der stark variierenden Lehrinhalte zahlreicher Dozenten keine Prüfung stattfindet und das Modul dementsprechend nicht benotet wird. Diese erste Stufe wird durch die zwei *Wahlpflichtbereiche Physik* und *Medizinphysik* komplettiert. 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 Molekülphysik, der Halbleiterphysik, der Radiologischen Bildgebung oder in der Nuklearmedizin. 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 Quantenstreuungstheorie, 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.

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 auch später im Berufsleben sich ein neues Feld erarbeiten und die Kenntnisse in der Praxis anwenden kann.

Basierend auf der lehrorientierten Stufe schließt sich die 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 wählte der Studierende ein Forschungsfeld und eine entsprechende Arbeitsgruppe zu Beginn der Stufe 2 aus den Angeboten aus Stufe 1 aus. Im dritten Fachsemester liegt der Schwerpunkt auf der Vorbereitung des Projekts der Masterarbeit. 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 *Kolloquiums*.

2. Studienpläne

2.1. Masterstudiengang Physik

Studienplan Physik (M. Sc.)



HEINRICH HEINE
UNIVERSITÄT DÜSSELDORF

1. Semester 30 LP	2. Semester 30 LP	3. Semester 30 LP	4. Semester 30 LP
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Schwerpunkt 1 (*1) 12 LP </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Schwerpunkt 2 (*1) 12 LP </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Wahlpflicht Physik (*2) 24 LP </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Wahl (*3) 12 LP </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Ergänzung (*4) 12 LP </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Masterarbeit 30 LP </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Spezialisierung (*5) 15 LP </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Kolloquium (*6) 3 LP </div>

LP: Leistungspunkte (ECTS)


V: Vorlesung
 Ü: Übung
 S: Seminar
 P: Praktikum
 E: Exkursion

(*1) Themen: Quantenoptik- und information, Plasmaphysik, Weiche Materie, Festkörperphysik.
 (*2) beliebig innerhalb der Physik wählbar
 (*3) beliebig wählbar.
 (*4) Wahlveranstaltungen aus dem Bereich der Masterarbeit
 (*5) zur Vorbereitung der Masterarbeit
 (*6) öffentlicher Vortrag über die Masterarbeit

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 Devices	
	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

2.2. Masterstudiengang Medizinische Physik

Studienplan Medizinische Physik (M. Sc.)		 HEINRICH HEINE UNIVERSITÄT DÜSSELDORF	
1. Semester 31 LP	2. Semester 29 LP	3. Semester 30 LP	4. Semester 30 LP
Festkörperphysik 3V+1Ü 6 LP	Wahlpflicht Physik (*2) 12 LP		Kolloquium 3 LP
Biophysik 3V+1Ü 6 LP	Ionisierende Strahlung 4 LP	Masterarbeit 30 LP	
Statistische Mechanik 3V+2Ü 8 LP		Spezialisierung (*3) 15 LP	LP: Leistungspunkte (ECTS)
Wahlpflicht Medizinphysik (*1) 24 LP		Wahl (*4) 6 LP	V: Vorlesung Ü: Übung S: Seminar P: Praktikum E: Exkursion
Physik in der Medizin 2V+2E 6 LP			

(*) z.B. Medizintechnik, Nuklearmedizin, Lasermedizin, Bildgebung.
 (*2) beliebig wählbar innerhalb der Physik
 (*3) Veranstaltungen, die gezielt der Vorbereitung auf die Masterarbeit dienen.
 (*4) Veranstaltungen der Medizin oder Physik, oder externes Praktikum.

3. Module

Für die Zuordnung der Module zu den verschiedenen Bereichen werden folgende Abkürzungen verwendet:

Bereich/Component	Abkürzung/ Abbreviation
Ergänzung / Complementary Physics	E
Pflicht / Mandatory	P
Schwerpunktmodul Typ A (experimentell orientiert) / Physics Focus type A (experimentally oriented)	SP-A
Schwerpunktmodul Typ B (theoretisch orientiert) / Physics Focus type B (theoretically oriented)	SP-B
Spezialisierung / Specialization	S
Wahl / Elective Subject	W
Wahlpflicht Physik / Elective Physics Module	WPP
Wahlpflicht Medizinphysik	WPMP

Im Folgenden werden die Module der Masterstudiengänge entsprechend dem derzeitigen Stand aufgeführt. Aufgrund des direkten Bezugs zur aktuellen Forschung unterliegt das Gesamtangebot einer kontinuierlichen Weiterentwicklung.

A Vorlesungen und Vorlesungen mit Übungen/Seminar

Modul	Physik	Med. Physik	ECTS
Advanced Quantum Information Theory	E, W	WPP, W	4
Advanced Quantum Mechanics	WPP, W, E	WPP, W	8
Artificial Atoms: the physics and technology of quantum dots	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Anwendungen von Nuklearmagnet- resonanz (NMR)-Techniken in der Medizin	WPP, W, E	WPMP, W	6
Astrophysik	WPP, W	WPP, W	6
Bildgebende Verfahren	W, E	WPMP, W	3
Biophysik	WPP, W, E	P	6
Bose-Einstein Condensation	E, W	WPP, W	4
Computational Physics	WPP, W, E	WPP, W	6
Complex Systems	W, E	WPP, W	3
Dynamics of dense liquids	E, W	WPP, W	3
Einführung in die Bildverarbeitung	-	WPMP, W	3
Einführung in die Strahlentherapie	-	WPMP, W	3
Experimental Plasma Physics	SP-A, WPP, W	WPP, W	6
Experimental Polymer Physics	E, W	WPP, W	3
Experimental Quantum Optics	SP-A, WPP, W	WPP, W	6
Experimental Soft Matter Physics	SP-A, WPP, W	WPP, W	6
Experimentelle Festkörperphysik	-	P	6
High-Energy-Density Physics	E, W	WPP, W	3
Introduction to molecular physics	W, E	WPP, W	3
Ionisierende Strahlung und Strahlenschutz	-	P	4

Laser Physics	WPP, W, E	WPMP, WPP, W	6
Laser Plasma Interaction	W, E	WPP, W	3
Magnetism 1	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Magnetism 2	WPP, W, E	WPP, W	6
Materials Science	W, E	WPP, W	3
Medizinsoziologie	-	WPMP, W	3
Medizintechnik	-	WPMP, W	4
Mesoscopic Transport	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Moderne Konzepte der Bildverarbeitung	-	WPMP, W	3
Modern Microscopy Techniques	WPP, W, E	WPMP, WPP, W	6
MRT: Bilderzeugung, Bildrekonstruktion und Bildverarbeitung	W	WPMP, W	3
Nanotechnology	WPP, W, E	WPP, W	6
Numerical Simulations 1	WPP, W, E	WPP, W	6
Numerical Simulations 2	WPP, W, E	WPP, W	6
Physik in der Medizin	-	P	6
Physikalische und radiochemische Grundlagen der Nuklearmedizin	W	WPMP, W	3
Programming for Supercomputers and GPUs	E, W	WPP, W	3
Quantum transport in nanostructures	E, W	WPP, W	4
Radiologische Bildgebung	-	WPMP, W	3
Röntgenphysik	WPP, W, E	WPMP, WPP, W	6
Semiconductor Physics	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Simple and Complex Fluids	WPP, W, E	WPP, W	6
Soft matter systems: advanced experimental and theoretical methods	WPP, W, E	WPP, W	8
Statistische Mechanik	-	P	8
Surface Physics 1	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Surface Physics 2	WPP, W, E	WPP, W	6
Terminologie in der Medizin	-	WPMP, W	3
Theoretical Plasma Physics	SP-B, WPP, W	WPP, W	6
Theoretical Quantum Optics and Quantum Information	SP-B, WPP, W	WPP, W	6
Theoretical Soft Matter Physics	SP-B, WPP, W	WPP, W	6
Theoretical Solid State Physics	SP-B, WPP, W	WPP, W	6
Theory of Complex Fluids	E, W	WPP, W	3
Theory of Phase Transitions	W, E	WPP, W	3
Ultracold Collisions	E, W	WPP, W	3
Ultrafast Optics	E, W	WPP, W	3

B Seminare

Modul	Physik	Med. Physik	ECTS
Fundamental Experiments of Nanophysics	E, W	WPP, W	3
Journal Club on quantum information theory	E, W	WPP, W	3
Kolloquium (Colloquium)	P	P	3
Laser Plasma Physics	E, W	WPP, W	3
Physics of Biomolecules	E, W	WPP, W	3
Precision Measurements in Atomic Physics	E, W	WPP,W	3
Quantum Transport in Nanostructures	E, W	WPP, W	3

C Abschlussarbeiten, Lernprojekte, Praktika

Modul	Physik	Med. Physik	ECTS
Angeleitetes Lernprojekt	E, S	S	4 - 15
Biophysik - Computerpraktikum	E, W	WPMP, W	6
Master Thesis / Masterarbeit	P	P	30

A Vorlesungen und Vorlesungen mit Übungen/Seminar

Module	Advanced Quantum Information Theory	Credit points	4
Lecturers	Prof. Bruß		
Person in charge	Prof. Bruß		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	120 h, thereof 45 h presence and 75 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge of quantum mechanics and of the concepts of theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics; basic knowledge of quantum information theory according to the module <i>Theoretical Quantum Optics and Quantum Information</i> .		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quantum algorithms 2. Multipartite entanglement; entanglement measures 3. General quantum correlations 4. State identification and characterization 5. State discrimination 6. Advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • D. Bruß and G. Leuchs, <i>Lectures on quantum information</i>, Wiley-VCH (2007). • Selected original and review papers. 		

Module	Advanced Quantum Mechanics	Credit points	8
Lecturers	The lecturers of theoretical physics at HHUD		
Person in charge	Prof. C. Müller		
Assignment	M.Sc. Physics: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 4 SWS Exercises 2 SWS		
Work load	240 h, thereof 90 h presence and 150 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in theoretical physics and atomic physics according to the curriculum of a Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Methods of scattering theory 2. Coupling of angular momenta 3. Relativistic wave equations 4. Many-particle systems 5. Field quantization 6. Elementary processes of light-matter interaction 		
Examination	Oral or written 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.		
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) 		

Modul	Anwendungen von Nuklearmagnetresonanz (NMR) -Techniken in der Medizin	Leistungspunkte (ECTS)	6
Dozent(inn)en	Dozent(inn)en des Deutschen Diabeteszentrums, des Universitätsklinikums Freiburg und des Universitätsklinikums Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Dr. M. Salehi Ravesh		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W M. Sc. Physik: E, W, WPP		
Komponenten	Vorlesung 1 SWS, Praktikum 2 SWS, Seminar 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch/Englisch		
Voraussetzungen	Mathematische Methoden 1+2, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik.		
Lernziele, 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. 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung in die Hochfrequenztechnik, -Spulen 2. Einführung in die MR-Sicherheit 3. Einführung in die experimentelle und klinische Anwendungen der Spektroskopie 4. Multinukleare Spektroskopie (^1H, ^{31}P, ^{13}C) <ol style="list-style-type: none"> a. Triglyzeridbestimmung (^1H) b. Energiestoffwechsel (^{31}P) c. Glykogenstoffwechsel (^{13}C) 5. Einführung in die Auswertesoftware für die Spektroskopie 6. Einführung in die native und kontrastmittelverstärkte MR-Bildgebung 7. Einführung in die Kleintier-Bildgebung 8. Magnetresonanztomographie <ol style="list-style-type: none"> a. Herstellen von Messphantome b. Bestimmung der Relaxationszeiten (T1, T2) der hergestellten Phantome und Früchten c. Gehirnbildgebung d. Thoraxbildgebung e. Abdominelle Bildgebung f. Extremitätenbildgebung 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		

Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik: Röntgendiagnostik und Angiographie/ Computertomographie/ Nuklearmedizin/ Magnetresonanztomographie/ Sonographie/ Integrierte Informationssysteme.</i> Wiley, H. Morneburg, ISBN: 978-3-89578-002-8 • <i>Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design.</i> E. M. Haacke, R. W. Brown, M. R. Thompson, R. Venkatesan, Wiley-Liss, ISBN: 978-0-471-35128-3 • <i>Fundamentals of medical imaging.</i> Cambridge University Press, P. Suetens. ISBN: 978-0521519151 • <i>Handbook of MRI Pulse Sequences,</i> M. A. Bernstein, K. F. King, X. J. Zhou, Elsevier, ISBN: 978-0-12-092861-3 • <i>Magnetresonanztomographie,</i> M. Reiser und W. Semmler, Springer, ISBN: 3-540-666668-0 • <i>In Vivo NMR Spectroscopy: Principle and Techniques,</i> R. De Graaf, Wiley, ISBN: 978-0-470-02670-0
-----------	---

Module	Artificial atoms: the physics and technology of quantum dots	Credit points	6
Lecturers	Prof. T. Heinzel		
Person in charge	Prof. T. Heinzel		
Assignment	M. Sc. Physics: SP-A, WPP, W, E M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Experimental solid state physics		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. General concepts: relevant semiconductor physics, size quantization, Coulomb blockade; 2. Colloidal quantum dots: growth, optical properties and applications (fluorescent labels, FRET systems, optoelectronics); 3. Self-assembled quantum dots: epitaxy, growth modes, electronic and optical characterization, applications (storage devices, single photon sources, quantum dot lasers); 4. Top-down quantum dots: Fabrication techniques, transport properties (single electron devices, spin transport, interaction effects, quantum dot molecules); 5. Quantum computation with quantum dots: Elements of quantum computation, quantum dots as qubits, operation schemes. 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Review articles and original publications. 		

Modul	Astrophysics	Leistungspunkte (ECTS)	6
Lecturers	Prof. Dr. K.H. Spatschek		
Person in charge	Prof. Dr. K.H. Spatschek		
Assignment	M.Sc. Physics: W, WPP M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English or German		
Requirements	Knowledge in theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of astrophysical observation methods • Composition and evolution of stars • Global properties of galaxies • Cosmological models 		
Examination	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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Review articles and original publications. 		

Modul	Bildgebende Verfahren	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. D. Schumacher		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik, Thermodynamik, Grundpraktikum 1 und 2, Optik (inhaltlich).		
Lernziele, Kompetenzen	Fundierte Kenntnis der grundlegenden Konzepte und Experimente bildgebender Verfahren gemäß der Inhaltsangabe.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Digitaler Bildaufbau, digitale Bildspeicherung 2. Wechselwirkung von α-, β-, γ- und Röntgenstrahlung mit Materie 3. Sensoren 4. Thermographie 5. Prinzip der Tomographie, NMR (nuclear magnetic resonance), NMRT (nuclear magnetic resonance tomography); 6. Piezoelektrische Wandler, Ultraschall-Sonographie, Ultraschall-Dopplersonographie, Artefakte in der US-Sonographie 7. Künstliche Radionuklide, Szintigramme, SPECT (single photon emission computed tomography), PET (positron emission tomography); 8. MEG (magnetoencephalography), Josephson-Effekt, SQUID; 9. Elektronenmikroskopie, Rastersondenmikroskopie. 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung; die Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten / von der Dozentin zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Originalpublikationen; • O. Dössel, Bildgebende Verfahren in der Medizin, Springer Verlag; • S. Webb: <i>Physics of Medical Imaging</i>, Adam Hilger (1988). 		

Modul	Biophysik	Leistungspunkte	6
Dozent(inn)en	Prof. G. Schröder; weitere Dozent(inn)en der Physik an der HHU D		
Modulverantwortliche(r)	Prof. G. Schröder		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP,W, E M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übungen 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Grundlegende Kenntnisse in Physik entsprechend den Anforderungen des Bachelorstudiengangs Medizinische Physik.		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> • Fundierte Kenntnis der grundlegenden Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Biophysik gemäß der Inhaltsangabe; • Anwendung von Kenntnissen aus den Physik-Modulen des Bachelorstudiengangs auf Fragestellungen der Biophysik; • Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben aus der Biophysik in den Übungsgruppen. 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biologische Makromoleküle (DNA, RNA, Proteine, Transkription, Translation) 2. Strukturbestimmung von Makromolekülen (Röntgenkristallographie, NMR, cryo-EM) 3. Molekulardynamik-Simulationen 4. Proteinfaltung 5. Einzelmolekültechniken (AFM, Optical Tweezers, Fluoreszenzspektroskopie) 6. Reaktionskinetik 7. Biologische Transportprozesse 8. Membranen (Struktur, Phasenübergänge, Membranpotential) 9. Signaltransduktion in Nervenzellen (Aktionspotentiale, Hodgkin-Huxley-Modell) 		
Prüfungsleistung	In der Regel schriftliche Modulabschlussprüfung. Die Details werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Rodney Cotterill, Biophysics - An Introduction, John Wiley & Sons (2002). • Erick Sackmann, Rudolf Merkel, Lehrbuch der Biophysik, Wiley-VCH (2010). 		

Module	Bose-Einstein Condensation	Credit Points	4
Lecturers	Prof. Görlitz		
Person in charge	Prof. Görlitz		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
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 „Experimental Quantum Optics“		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of Bose-Einstein condensation 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; • Ability to solve exercises in Bose-Einstein condensation and to present the solutions to an audience. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Theoretical foundations of Bose-Einstein condensation 2. Bose-Einstein condensation in dilute gases 3. Atom optics with Bose-Einstein condensates 4. Many-particle physics with Bose-Einstein condensates 5. Ultracold Fermi gases 6. Advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • C. J. Pethick and H. Smith, <i>Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases</i>; Cambridge University Press (2002) • P.Meystre, <i>Atom Optics</i>, Springer-Verlag (2001) • selected review articles 		

Module	Complex Networks	Credit points	3
Lecturers	Dr. C. von Ferber		
Person in charge	Dr. C. von Ferber		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English or German		
Requirements	Theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced knowledge in statistical physics; • Transfer of results from statistical physics to complex networks 		
Contents	<ul style="list-style-type: none"> • Basic principals of graph theory • Random graphs and percolation • Scale free networks • Models for the evolution of networks • Physical models on networks (spin systems) • Spectral properties and network dynamics 		
Examination	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles 		

Module	Computational Physics	Credit Points	6
Lecturers	Prof. J. Horbach, Prof. A Pukhov		
Person in charge	Prof. J. Horbach		
Assignment	M.Sc. Physics: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in theoretical physics according to the Bachelor programme in physics		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elementary numerical procedures: differentiation, integration, determination of zeros; 2. From the harmonic oscillator to chaotic systems; 3. Molecular dynamics simulations: structure and dynamics of dense fluids; 4. Monte-Carlo simulations: phase transitions and critical phenomena. 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • J. M. Thijssen, Computational Physics (Cambridge University Press, Cambridge, 1999) 		

Modul	Dynamics of dense liquids	Credit Points	3
Lecturers	Prof. J. Horbach		
Person in charge	Prof. J. Horbach		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in statistical mechanics according to the module <i>Statistical Mechanics</i> of the Bachelor programme.		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Essential knowledge of the properties of dense liquids; • Ability to apply the methods of theoretical physics to dense liquids. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Time dependent correlation functions and transport coefficients; 2. short.-time expansions and sum rules; 3. Structure of dense liquids; 4. Mori-Zwanzig projection operator formalism; 5. Hydrodynamics of dense liquids; 6. dynamics at finite frequencies and wave vectors: generalized hydrodynamics; 7. Mode coupling theory of the glass transition. 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • U. Balucani and M. Zoppi, <i>Dynamics of the liquid state</i> (Oxford University Press, Oxford, 1994) • W. Götze, <i>Complex dynamics of glass-forming liquids. A mode-coupling theory</i> (Oxford University Press, Oxford, 2009) 		

Modul	Einführung in die Bildverarbeitung	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Dr. T. Schormann		
Modulverantwortliche(r)	Dr. T. Schormann		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Analysis 1+2, Mathematische Methoden der Physik 1+2, Optik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse der wichtigsten numerischen Konzepte in der Bildverarbeitung gemäß der Inhaltsangabe; • Kenntnis der Relevanz und Anwendung der Bildverarbeitung in der Medizin. 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grundlagen digitaler Bildverarbeitung: Sampling,-Theorem, Quantisierung, Aliasing, Binärbildverarbeitung 2. Bildverbesserung im Orts- und Frequenzbereich, Bildrestauration, morphologische Operationen: filling, closing. 3. Bildsegmentierung mit Hilfe statistischer Parameter. 4. Rekonstruktion aus Projektionen: inverse Radon-Transformation (für MR-Bildgebung) 5. Anpassungsverfahren: Momenten-Hauptachsen-Transformation, lineare Transformationen, Ähnlichkeitsmaß der Grauwertdifferenz 6. Entropie als Ähnlichkeitsmaß, 7. Bestimmung hochdimensionaler, nicht-linearer Transformationen. 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung. Die Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Originalpublikationen; • S. Webb: <i>Physics of Medical Imaging</i>, Adam Hilger, 1988. 		

Modul	Einführung in die Strahlentherapie	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Dr. I. Simiantonakis und weitere Dozent(inn)en der Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Dr. I. Simiantonakis		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Elektrizität und Magnetismus, Experimentelle Atomphysik (inhaltlich)		
Lernziele, 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. 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Übersicht: Aspekte der Strahlentherapie 2. Stellung und Pflichten des Strahlenschutzverantwortlichen und -beauftragten 3. Spezielle Rechtsvorschriften und Richtlinien 4. 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 5. Anwendung ionisierender Strahlung in der Therapie 6. Physik und Technik von Bestrahlungsanlagen und -einrichtungen, Beeinflussung der Dosisverteilung, 7. Kontrolle von Bestrahlungsanlagen und -einrichtungen 8. Qualitätssicherung, Verifikation und Protokollierung, Bildprozessoren 9. Biologische Grundlagen der Strahlentherapie, Klinische Dosimetrie und Dosisbestimmung, 10. Medizinische und physikalische Bestrahlungsplanung, Dosisoptimierung 11. Biologische Modelle, Indikationen für eine Bestrahlung und Dosierungsschemata, Verfahren der Tumorlokalisation 12. Techniken der perkutanen, intrakavitären und interstitiellen Bestrahlung 13. Planung und Einrichtung einer Strahlentherapieeinrichtung 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung. Die Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • H. Krieger: <i>Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz</i>, Bd. 1+2, Teubner • Verschiedene DIN-Normen zu Dosimetrie und Strahlenschutz 		

Module	Experimental Plasma Physics	Credit Points	6
Lecturers	Prof. G. Pretzler, Prof. O. Willi, Prof. U. Samm, Prof. M. Born		
Person in charge	Prof. G. Pretzler		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-A, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Seminar 2 SWS		
Work load	180 h, thereof 75 h presence and 105 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in experimental physics and theoretical electrodynamics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics or in Medical Physics		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plasma generation and heating 2. Plasma and optical radiation 3. Methods of plasma diagnostics 4. Experimental implementation of plasma confinement 5. Laboratory plasmas and applications of plasmas 6. Plasmas in astrophysics 7. Selected advanced topics 		
Examination	Usually an oral examination at the end of the lecture. A requirement for participation in the examination is the presentation of a seminar talk.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles 		

Module	Experimental Polymer Physics	Credit Points	3
Lecturers	Dr. H. Hermes, Prof. S. Egelhaaf		
Person in charge	Dr. H. Hermes		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture with integrated exercises: 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in thermodynamics and other fields of experimental physics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics; knowledge in <i>Experimental Soft Matter Physics</i>		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts, experiments and results of experimental polymer physics according to the table of contents; • Application of key results of experimental physics of the Bachelor programme in physics to experimental polymer physics; • Ability to solve the integrated exercises and contribute to scientific discussions about their solutions in relation to the lecture. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Background, practical applications and importance of properties (individual chain through to bulk) 2. Molecular weight: Determination and consequences 3. Thermodynamics of mixtures: Polymer solutions and blends 4. Amorphous and crystalline states; 5. Chain dynamics, viscoelasticity, rheology, mechanical properties 6. Weiterführende Themen/ Special topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • J.M.G. Cowie, V. Arrighi, <i>Polymers: Chemistry and Physics of Modern Materials</i>, CRC Press (2008) • G. Strobl, <i>The Physics of Polymers</i>, Springer-Verlag (2007) • selected review articles and chapters from monographs. 		

Module	Experimental Quantum Optics	Credit Points	6
Lecturers	Prof. S. Schiller, Prof. A. Görlitz,		
Person in charge	Prof. A. Görlitz		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-A, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets,	<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 the experimental physics modules and to quantum mechanics of the Bachelor' programme in physics; • Ability to solve typical exercises in quantum optics and to present the solutions to an audience. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Light-matter interaction 2. Laser cooling of atoms 3. Traps for atoms and particles 4. Matter waves 5. Particle interferometry 6. Generation of nonclassical light 7. Selected advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • H. J. Metcalf and P. van der Straten, <i>Laser Cooling and Trapping</i>; Springer-Verlag (1999) • P.Meystre, <i>Atom Optics</i>, Springer-Verlag (2001) • Selected review articles • Script of the lecture 		

Module	Experimental Soft Matter Physics	Credit Points	6
Lecturers	Prof. S. Egelhaaf		
Person in charge	Prof. S. Egelhaaf		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-A, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W: 2./3. Semester		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in experimental physics and statistical mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Random Walk 2. Colloids 3. Polymers 4. Amphiphiles 5. Scattering Methods 6. Microscopy 		
Examination	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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles • Script of the lecture 		

Modul	Experimentelle Festkörperphysik	Leistungspunkte	6
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. M. Getzlaff		
Zuordnung	B.Sc. Physik: P M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS Ergänzung 1 SWS (fakultativ)		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60-75 h Präsenz und 105-120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik, Quantenmechanik, Thermodynamik (inhaltlich)		
Lernziele, 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. 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kristallbindung und -strukturen 2. Kristallstrukturanalyse, reziprokes Gitter 3. Gitterschwingungen (Phononen, Wärmeleitung) 4. Freie Elektronen im Festkörper, das Fermi-Gas, Ladungstransport 5. Energiebänder 6. Halbleiter 7. Optische Eigenschaften von Festkörpern 8. Magnetische Eigenschaften: Dia-, Para- und Ferromagnetismus 9. Supraleitung 		
Prüfungsleistung	Mündliche oder schriftliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben).		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Ashcroft, Mermin, <i>Solid State Physics</i>, Saunders College (1985); • Grosso, Parravicini, <i>Solid State Physics</i>, Academic Press (2000); • Ziman, <i>Principles of the Theory of Solids</i>, Cambridge (1972); • Kittel, <i>Festkörperphysik</i>, Oldenbourg (1999). • Bergmann, Schäfer, <i>Festkörper (Band 6)</i>, de Gruyter (2005) • Gross, Marx, <i>Festkörperphysik</i>, Oldenbourg (2012) • Hunklinger, <i>Festkörperphysik</i>, Oldenbourg (2009) 		

Module	High-Energy-Density Physics	Credit points	3
Lecturers	Dr. J. Osterholz		
Person in charge	Dr. J. Osterholz		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Basic knowledge in mechanics, thermodynamics, quantum mechanics, electrodynamics and plasma physics		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Properties of matter at high energy density 2. Non-ideal plasmas 3. Equations of state 4. Radiation transport and opacity 5. Hydrodynamic description of matter 6. Laser induced plasmas 7. Physics of shock waves 8. Impact physics 9. Examples and applications in astrophysics, materials science, space technology, geology 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles 		

Modul	Introduction to molecular physics and molecular spectroscopy	Credit Points	3
Lecturers	Prof. Schiller		
Person in charge	Prof. Schiller		
Assignment	M.Sc. Physics, E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in atomic physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of the elementary concepts and results of molecular physics and spectroscopy 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 experimental soft matter physics and to present the solutions to an audience. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Theoretical foundations (quantum chemical calculation methods, Born-Oppenheimer approximation, Morse potential) 2. Interaction of molecules with radiation (absorption, fluorescence, Raman scattering, two-photon absorption); 3. Spectroscopic techniques (absorption-, saturation-, Raman- and cavity leak-out - spectroscopy); 4. Cold molecules in traps; 5. Spectroscopy of cold hydrogen molecule ions. 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Demtröder, <i>Molecular Physics</i> 		

Modul	Ionisierende Strahlung und Strahlenschutz	Leistungspunkte	4
Dozent(inn)en	Prof. F. Hoyler und weitere Dozenten der Medizin an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. F. Hoyler		
Zuordnung	M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Grundkurs Strahlenschutz gem. Anlage A3 2.1 der Strahlenschutzverordnung (StrSchV) Spezialkurs Strahlenschutz gem. Anlage A3 2.2. der StrSchV		
Arbeitsaufwand	120 h, davon 48 Präsenz und 72 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, wie sie von der StrSchV für Grund- und Spezialkurs Strahlenschutz gefordert werden.		
Inhalt	<p>1. Grundkurs:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Physikalisch-technische Grundprinzipien, • Strahlenbiologische Grundlagen, • Dosimetrie und Dosisberechnungen, • Dosimetrie und Dosisberechnungen, • Kontrollverfahren und Qualitätssicherung, • Stör- und Unfälle, • Bestrahlungsplanung, • Praktikum zur Strahlentherapie (Brachy- und Teletherapie) <p>2. Spezialkurs:</p> <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 		
Prüfungsleistung	Schriftliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Es werden Materialien von der Kursstätte für Strahlenschutz an der FH Aachen, Campus Jülich, bereitgestellt. 		

Module	Laser Physics	Credit Points	6
Lecturers	Prof. S. Schiller, Prof. G. Pretzler, Prof. A. Görlitz		
Person in charge	Prof. S. Schiller		
Assignment	M.Sc. Physics: WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture	3 SWS	
	Exercises	1 SWS	
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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 Bachelor programme in physics. • Ability to solve typical exercises in laser physics and to present the solutions to an audience. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Light-atom interaction 2. Laser equations 3. Properties of laswr radiation 4. Tunable lasers 5. Monochromatic lasers 6. Pulsed lasers 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles • lecture notes 		

Module	Laser Plasma Interaction	Credit Points	3
Lecturers	Prof. O. Willi		
Person in charge	Prof. O. Willi		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture: 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	<i>Plasma Physics</i>		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of laser plasma interaction 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Concept of laser fusion 2. Absorption processes 3. Thermal transport 4. Magnetic field generation 5. Parametric instabilities 6. Shocks 7. Interaction physics in the relativistic regime 8. Fast ignitor concept 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected review articles 		

Module	Magnetism 1	Credit Points	6
Lecturers	Prof. M. Getzlaff		
Person in charge	Prof. M. Getzlaff		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-A, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 4 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Magnetism in atoms and solids 2. Exchange interactions 3. Patterns of magnetic ordering and symmetry breaking 4. Anisotropy effects 5. Magnetic domains; 6. Magnetization dynamics. 		
Prüfung	Usually an 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.		
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 		

Module	Magnetism 2	Credit Points	6
Lecturers	Prof. M. Getzlaff		
Person in charge	Prof. M. Getzlaff		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Seminar 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h Presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics. Knowledge of the module <i>Magnetism 1</i> .		
Learning targets	<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 <i>Magnetism 1</i> to advances 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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Magnetism in reduced dimensions 2. Magnetoresistivity 3. Applications 4. Measurement methods 		
Examination	Usually an 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.		
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 		

Module	Materials Science	Credit Points	3
Lecturers	Prof. D. Schierbaum		
Person in charge	Prof. D. Schierbaum		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture: 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English or German		
Requirements	Knowledge in experimental physics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of concepts and results of materials science • Knowledge of the relevance of materials science for chemical sensors 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basic concepts of chemical thermodynamics, kinetics, heterogeneous catalysis and electrochemistry 2. Disorder in solids, in particular in metal oxides 3. Electron and ion conductance 4. Principles of chemical sensors 		
Examination	Usually an 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.		
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 		

Modul	Medizinsoziologie	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Prof. J. Siegrist, weitere Dozenten der Medizin		
Modulverantwortliche(r)	Prof. J. Siegrist		
Zuordnung	M.Sc. Medizinische Physik: WPMP. W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Keine		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Kenntnisse in Medizinsoziologie gemäß der Inhaltsangabe. • Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen aus der Physik und der Medizin • Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin 		
Inhalt	<p><i>Gesellschaftliche Einflüsse auf Krankheit und deren Prävention</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Epidemiologische und soziologische Grundbegriffe zur Analyse des Krankheitsgeschehens 2. Wandel des Morbiditäts- und Mortalitätsspektrums in modernen Gesellschaften 3. Demographische und sozialstrukturelle Einflüsse auf Gesundheit und Krankheit 4. Gesundheit und Krankheit im Lebenslauf: Ansätze zur Prävention <p><i>Struktur der medizinischen Versorgung und Beziehung zu Patienten</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prinzipien der Versicherung, Finanzierung und Organisation medizinischer Versorgung im internationalen Vergleich 2. Struktur und Funktionsprinzipien medizinischer Versorgung in Deutschland 3. Soziologie des Krankenhauses einschließlich neuer technischer und organisatorischer Entwicklungen 4. Soziologie des Patienten (Krankenrolle, Aufklärung, Entscheidung, Kommunikation) 5. Fallbeispiele zur patientenzentrierten Kommunikation <p><i>Grundlagen betriebswirtschaftlicher und gesundheitsökonomischer Analyse</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grundlagen der Management- 2. Grundlagen betriebswirtschaftlicher Kostenrechnung 3. Prinzipien der Personalführung in Einrichtungen des Gesundheitswesens 4. Einführung in die Kosten-Nutzen-Analyse Qualitätsmanagement in der medizinischen Versorgung 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung. Die Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.		
Literatur	<p>F. Schwartz: Das Public Health Buch. Urban & Fischer, München 2003 (2. Aufl.) (Kapitel 13, 15, 20)</p> <p>J. Siegrist: Medizinische Soziologie. Urban & Fischer, München 2005 (6. Aufl.) (Kapitel 4, 5, 6)</p>		

Modul	Medizintechnik	Leistungspunkte	4
Dozent(inn)en	Prof. J. Bongartz, weitere Dozenten der FH RheinAhrCampus		
Modulverantwortliche(r)	Prof. J. Bongartz		
Zuordnung	M.SC. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Exkursion 1 SWS		
Arbeitsaufwand	120 h, davon 45 h Präsenz und 75 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Kenntnisse in Medizintechnik gemäß der Inhaltsangabe. • Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen aus der Physik, der Medizin und der Medizinphysik, die im Bachelorstudiengang erworben wurden. • Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin 		
Inhalt	<p><i>A: Computertomographie-Bildgebung</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wechselwirkung Röntgenstrahlung mit biologischem Gewebe 2. Medizinischer Strahlenschutz 3. CT-Gerätetypen 4. Rekonstruktionsalgorithmen 5. Bildartefakte 6. Kegelstrahltomographie 7. Datenvisualisierung 8. Gerätetechnik <p><i>B: Bildgeführte Chirurgie</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Operationsplanung 2. Systemkomponenten 3. Koordinatensysteme und deren Registrierung 4. Navigationssysteme und Motion-Tracking 5. Medizinische Robotiksysteme 6. Direkte und inverse Kinematik 7. Sensor- und Rückkopplungssysteme 8. Systeminterface und Systemüberwachung 9. Lasereinsatz in der bildgeführten Chirurgie 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung. Die Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben. Qualifizierte Teilnahme an der Exkursion.		
Literatur	<p>Buzug, Thorsten M. , „Einführung in die Computertomographie“ Craig, J.J.: Introduction to Robotics, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1997 Fu, K.S., Gonzalez, R.C., Lee, C.S.G.: Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence, McGraw-Hill, 1987</p>		

Module	Mesoscopic Transport	Credit Points	6
Lecturers	Prof. T. Heinzl		
Person in charge	Prof. T. Heinzl		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-A, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture	3 SWS	
	Exercises	1 SWS	
Work load	180 h, thereof 60 h Presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Electron gases in reduced dimensions 2. Quantum films 3. The quantum Hall effect 4. Quantum wires 5. Coulomb blockade and quantum dots 6. Coherent electronics 7. Transport in superlattices 8. Selected advanced topics: spintronics, quantum computation etc. 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • T. Heinzl, <i>Mesoscopic Transport in Solid State Nanostructures</i>, Wiley VCH (2010). • selected review and original articles 		

Modul	Moderne Konzepte der Bildverarbeitung	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Dr. T. Schormann, weitere Dozenten der Medizin		
Modulverantwortliche(r)	Dr. T. Schormann		
Zuordnung	M.SC. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Modul <i>Einführung in die Bildverarbeitung</i>		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefte Fachkenntnisse in Bildverarbeitung • Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin • Anwendung fortgeschrittener physikalischer und mathematischer Konzepte in der Bildverarbeitung 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contrast-Enhancement multispektraler MR-Bilddaten (MR=Magnetische Resonanztomographie), 2. Karhunen-Loève-Transformation, 3. Rotationsinvariante Momente zur Mustererkennung, 4. Maximum-Likelihood Klassifikation, 5. Entscheidungsregel nach Bayes, 6. Contrast-Enhancement und Tiefenperzeption von Stereobildern, 7. Dreidimensionales Labeling zur Quantifizierung der Anzahl von Erythrocyten, 8. Modulations-Übertragungsfunktion (MTF), 9. Bestimmung der MTF, 10. Quantitative Qualitätskriterien, 11. Anpassungsverfahren: 12. Hochdimensionale und nicht-lineare Transformationen, 13. Affine Bewegung und Rotation im Sinne der kleinsten Fehlerquadrate, 14. Bestimmung der interindividuellen Variabilität des menschlichen Gehirns mit Hilfe linearer Transformationen. 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung. Die Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.		
Literatur	Artikel in Fachbüchern, Publikationen in Zeitschriften, Vorlesungsmanuskript		

Module	Modern Microscopy Techniques	Credit Points	6
Lecturers	Dr. M. Laurati Prof. S. Egelhaaf, weitere Dozenten der Physik an der HHU Düsseldorf		
Person in charge	Prof. S. Egelhaaf		
Assignment	M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, WPP, W M.Sc. Physics: WPP, W, E		
Components	Lecture 2 SWS Exercises 1 SWS Laboratory course 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Optics		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Optical microscopes 2. Contrast enhancing methods 3. Fluorescence microscopy 4. Confocal microscopy 5. Multi-photon microscopy 6. Super-resolution microscopy 7. Electron microscopy: transmission-EM and scanning-EM 8. Atomic force microscopy 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	Specific literature and original publications.		

Modul	MRT: Bilderzeugung, Bildrekonstruktion und Bildverarbeitung	Leistungspunkte (ECTS)	3
Dozent(inn)en	Dr. A. Müller-Lutz, weitere Dozent(inn)en des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Dr. A. Müller-Lutz		
Zuordnung	M.Sc. Medizinische Physik, WPMP, W: 1. /3. FS		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse zu MRT • Grundlagen der MRT-spezifischen Bildverarbeitung • Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Magnetresonanztomographie 2. PACS 3. Bildverarbeitung 4. MRI Sequenzen im k-Raum und Bildraum 5. Bildrestauration 6. Bildartefakte 7. Aufnahme von Bilddaten an einem MRT 8. Bildsegmentierung 9. Bildrekonstruktion 10. Parallele Bildgebung 11. Objekterkennung 12. Darstellung physiologischer Prozesse mittels MRT 13. Bewegungskorrektur 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design.</i> E. Mark Haacke, Robert W. Brown, Michael R. Thompson, Ramesh Venkatesan. ISBN: 978-0-471-35128-3 • <i>Bildgebende Verfahren in der Medizin.</i> Olaf Dössel. ISBN: 3-540-66014-3 • <i>Handbook of MRI Pulse Sequences,</i> Bernstein, King, ISBN: 978-0-12-092861-3 • <i>Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung</i> Bernd Jähne. ISBN: 978-3642049514 • <i>Digital Image Processing Using MATLAB</i> Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins. ISBN: 0-13-008519-7 		

Module	Nanotechnology	Credit Points	6
Lecturers	Prof. M. Getzlaff		
Person in charge	Prof. M. Getzlaff		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W, WPP M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Seminar 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in experimental physics and quantum mechanics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cluster and nanoparticles 2. Thin films and thin film technology 3. Processes for structuring 4. Technology of micro and nanosystems 5. Nanoanalytics 6. Nanoelectronics 7. Nanobiotechnology 8. Nanotechnology in medicine 9. Nanotechnology for everyday life 		
Prüfung	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Selected books and monographs 		

Module	Numerical Simulations 1	Credit Points	6
Lecturers	Dr. G. Lehmann, Prof. J. Horbach and other lecturers at the HHUD		
Person in charge	Dr. G. Lehmann		
Assignment	M.Sc. Physics: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS Exercises 2 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English or German		
Requirements	Knowledge in experimental physics and mathematics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of basic concepts and results of numerical simulations ; • Application of numerical simulations to selected problems in physics; • Ability to solve typical exercises in numerical simulations of physics problems. 		
Contents	Foundations of numerical simulations of systems in physics		
Examination	Oral or written 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Lecture notes 		

Module	Numerical Simulations 2	Credit Points	6
Lecturers	Dr. G. Lehmann, Prof. J. Horbach and other lecturers at the HHUD		
Person in charge	Dr. G. Lehmann		
Assignment	M.Sc. Physics: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS Exercises 2 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Module <i>Numerical Simulations 1</i>		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of numerical methods and concepts in physics; • application and transfer of the knowledge and skills acquired within the module <i>Numerical Simulations 1</i>; • Ability to solve typical exercises in advanced numerical simulations of physics problems. 		
Contents	Advanced topics of numerical simulations with relevance in physics.		
Examination	Oral or written 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Selected literature, lecture notes 		

Modul	Physik in der Medizin	Leistungspunkte	6
Dozent(inn)en	<p>Die Professoren und Doktoren der teilnehmenden Kliniken und Institute und der HHUD und am Forschungszentrum Jülich:</p> <p>Allgemeinchirurgie: Prof. Peterschulte Augenklinik: Prof. Dietlein Deutsches Diabetes-Zentrum: Prof. Roden, Dr. Hwang Endokrinologie: Dr. Willenberg Institute for Neuroscience and Medicine (INM-4) am Forschungszentrum Jülich: Prof. Herzog Gastroenterologie: Prof. Häussinger, Dr. Reinehr Hautklinik: Prof. Homey, Dr. Neumann Neurochirurgie: Prof. Steiger, Dr. Sabel Neurologie: Prof. Seitz, Prof. Kieseier Nuklearmedizin: Prof. Müller, Dr. Nikolaus Phoniatrie: Prof. Angerstein Radiologie: Dr. Blondin, Dr. Wittsack Rechtsmedizin: Prof. Daldrup, Dr. Heller Strahlentherapie: Prof. Budach (Modulverantwortlicher), Dr. Simiantonakis Transfusionsmedizin: Prof. Scharf</p>		
Modulverantwortliche(r)	Prof. Budach		
Zuordnung	M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Exkursion 2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Keine		
Lernziele	<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. 		

Inhalt	<p>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.</p> <p><i>Allgemeinchirurgie:</i> Minimalinvasive Chirurgie, Operationssteuerung</p> <p><i>Deutsches Diabetes-Zentrum:</i> Diagnostik zur Diabetes mittels MRT</p> <p><i>Endokrinologie:</i> Endokrine Erkrankungen, Diabetes mellitus, Erkrankungen der Schilddrüse und der Nebenniere. Sonographie, Fibroscan, RF-Ablation</p> <p><i>Gastroenterologie:</i> Lebererkrankungen: Leberzirrhose, Hepatitis.</p> <p><i>Hautklinik:</i> Photodynamische Therapie</p> <p><i>INM-4 am FZ Jülich:</i> Bildgebung mit MRT und PET in Neurologie und Psychiatrie: Grundlagen und Anwendungen</p> <p><i>Neurochirurgie:</i> Radiochirurgie und Navigation</p> <p><i>Neurologie:</i> Neurolog. Erkrankungen: Demenzen, Basalganglienerkrankungen, Schlaganfall.</p> <p><i>Nuklearmedizin:</i> PET-Diagnostik</p> <p><i>Phoniatrie:</i> Hördiagnostik bei Kindern</p> <p><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.</p> <p><i>Rechtsmedizin:</i> Physikalische Konzepte und Verfahren in der Rechtsmedizin</p> <p><i>Strahlentherapie:</i> Perkutane, intrakavitäre, interstitielle und stereotaktische Bestrahlung, intensitätsmodulierte, Protonen- und Hadronentherapie.</p>
Prüfungsleistung	Qualifizierte Teilnahme
Literatur	Ausgewählte Übersichtsartikel

Modul	Physikalische und radiochemische Grundlagen der Nuklearmedizin	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	PD Dr. S. Nikolaus		
Modulverantwortliche(r)	PD Dr. S. Nikolaus		
Zuordnung	M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W M.Sc. Physics: W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Keine		
Lernziele	<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. 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Was ist radioaktive Strahlung? 3. Radioaktive Isotope und Radiopharmaka 4. Wie wird radioaktive Strahlung gemessen? 5. Gammakamera und SPECT 6. PET 7. PET/CT und SPECT/CT 8. Kleintiertomographie 9. Therapie mit ionisierender Strahlung 10. Rundgang durch die nuklearmedizinische Abteilung 		
Prüfungsleistung	Qualifizierte Teilnahme		
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 		

Modul	Programming for Supercomputers and GPUs	Leistungspunkte (ECTS)	3
Lecturers	Dr. A. Snytnikov		
Person in charge	Dr. A. Snytnikov		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Vorlesung 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in mathematics according to the curriculum of the Bachelor programme in physics; basic knowledge in programming		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts of programming; 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Review of Supercomputer Architectures 2. Message Passing Interface (MPI) 3. Compute Uniform Device Architecture (CUDA) 4. Parallel Numerical Methods 		
Examination	Oral or written 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected articles 		

Module	Quantum Transport in Nanostructures	Credit Points	4
Lecturers	Prof. Egger		
Person in charge	Prof. Egger		
Assignment	M.Sc. Physics, E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	120 h, thereof 45 h Presence and 75 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in quantum mechanics and statistical mechanics according to the corresponding in Bachelor programme in physics. Basic knowledge in solid state physics according to the module theoretical solid state physics.		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of basic and advanced concepts and results of quantum transport phenomena in nanostructures 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 as well as to theoretical solid state physics; • Ability to solve typical exercises in the field of quantum transport in nanostructures and to present the solutions to an audience. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Landauer-Büttiker scattering formalism 2. Quantum dots and Coulomb blockade 3. Quantum wires 4. Superconducting systems 5. Introduction to topological insulators and to graphene 6. Advanced topics. 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Yu.V. Nazarov, Ya.M. Blanter, <i>Quantum Transport: Introduction to Nanoscience</i>, Cambridge University Press (2010) • selected review articles. 		

Modul	Radiologische Bildgebung	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	PD Dr. H. Wittsack, weitere Dozent(inn)en des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	PD Dr. H. Wittsack		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Mathematische Methoden 1+2, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik.		
Lernziele, 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. 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konzept eines Radiologie-Instituts 2. Konventionelle Röntgenverfahren 3. Digitale Subtraktions-Angiographie 4. Computertomographie 5. Magnetresonanztomographie 6. Kombination von Verfahren 7. Bildverarbeitung 8. Bildverteilung und -speicherung 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik: Röntgendiagnostik und Angiographie/ Computertomographie/ Nuklearmedizin/ Magnetresonanztomographie/ Sonographie/ Integrierte Informationssysteme.</i> Heinz Morneburg, ISBN: 978-3-89578-002-8 • <i>Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design.</i> E. Mark Haacke, Robert W. Brown, Michael R. Thompson, Ramesh Venkatesan. ISBN: 978-0-471-35128-3 • <i>Fundamentals of medical imaging.</i> Paul Suetens. ISBN: 978-0521519151 • <i>Handbook of MRI Pulse Sequences,</i> Bernstein, King, ISBN: 978-0-12-092861-3 • <i>Wie funktioniert CT?</i> Alkadi, Leschka, Stolzmann, Scheffel. ISBN: 978-3-642-17802-3 		

Modul	Röntgenphysik	Leistungspunkte	6
Dozent(inn)en	Prof. G. Pretzler, weitere Dozenten der Physik an der HHU D		
Modulverantwortliche(r)	Prof. G. Pretzler		
Zuordnung	M. Sc. Medizinische Physik: WPMP, WPP, W M. Sc. Physics: WPP, W, E		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Praktikum 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefte Fachkenntnisse in Röntgenphysik gemäß der Inhaltsangabe; • Fertigkeiten zur Erzeugung und Charakterisierung von Röntgenstrahlung sowie zum fachgerechten Umgang mit Röntgenstrahlung; • Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin 		
Inhalt	<p><i>Vorlesung</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Entstehungsprozesse für Röntgenstrahlung 2. Technische Ansätze zur Röntgenstrahlungserzeugung 3. Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie: Absorption, Streuung, Brechung 4. Techniken zur Sammlung, Abbildung und Spektralaufspaltung 5. Röntgendetektoren 6. Gerätetechnik: Beispiele für Gesamtanlagen 7. Anwendung von Röntgenstrahlung: Beispiele aus Medizin, Plasmaphysik, Materialforschung, Astrophysik u.a. 8. Sicherheitsaspekte bei der Arbeit mit Röntgenstrahlung <p><i>Praktikum</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Charakterisierung verschiedener Röntgendetektoren 10. Erzeugung charakteristischer und kontinuierlicher Röntgenstrahlung mit verschiedenen Methoden (Röntgenröhre, Laserplasma) 11. Abbildung und Spektralaufspaltung von Röntgenstrahlung mit verschiedenen Methoden 		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung. Die Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.		
Literatur	Mchette, Alan G., „X-ray science and technology“, IOP Publ., Bristol, 1993.		

Module	Semiconductor Physics	Credit Points	6
Lecturers	Dr. M. Cerchez, Prof. T. Heinzel		
Person in charge	Prof. T. Heinzel		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-A, WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Basic knowledge in experimental solid state physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crystal structures of semiconductors 2. Electronic band structures of semiconductors 3. Doping and charge carrier statistics 4. Electronic transport 5. Optical properties 6. Quantization effects in layered structures 7. Crystal growth and -processing 8. Lithography 9. Semiconductor transport devices: diodes, FETs, microchips, 10. Optical semiconductor devices: LEDs, lasers 11. Selected advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Balkanski, Wallis: Semiconductor physics and applications, Oxford Univ. Press (2000) • Yu, Cardona: Fundamentals of Semiconductors: physics and materials properties, Springer (1997) 		

Module	Simple and Complex Fluids: Theory, Simulation and Experiment	Credit Points	6
Lecturers	Prof. J.K.G. Dhont, Prof. G. Nägele, PD Dr. P. Lang		
Person in charge	Prof. J.K.G. Dhont		
Assignment	M. Sc. Physics: WPP, W, E M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	Statistical Mechanics		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Review of simple and complex fluids 2. Structure and phase behavior 3. Scattering methods and microscopy 4. Hydrodynamics 5. Diffusion and flow 6. Dynamic computer simulations 7. Selected advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected review articles • lecture notes 		

Modul	Soft matter systems: advanced experimental and theoretical methods	Leistungspunkte (ECTS)	8
Lecturers	Prof. Dr. J.K.G. Dhont, Prof. Dr. G. Nägele, Dr. P. Lang		
Person in charge	Prof. Dr. J.K.G. Dhont		
Assignment	M.Sc. Physik: WPP, W, E M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 4 SWS Exercises 2 SWS		
Work load	240 h, davon 90 h presence and 150 h individual study		
Language	Englisch		
Requirements	Statistical mechanics		
Learning targets	<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 the modules <i>Experimental Soft Matter Physics</i> and <i>Theoretical Soft Matter Physics</i> • Ability to solve typical exercises in fluid physics and to present the solutions to an audience. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction to colloids 2. Interactions between colloidal particles 3. Equilibrium phase behaviour 4. Microstructural order : Ornstein-Zernike theory 5. Single-particle dynamics: the Langevin approach 6. Experimental scattering methods (statics and dynamics) 7. scattering methods with evanescent illumination (statics and dynamics) 8. Experimental fluorescence techniques to probe dynamics (FRAP and FCS) 9. Hydrodynamic interactions in bulk and in confinements 10. Dynamics of concentrated systems : the Smoluchowski equation 11. Diffusion in concentrated colloidal suspensions 12. Phase separation kinetics : initial spinodal decomposition 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected review articles 		

Modul	Statistische Mechanik	Leistungspunkte	8
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. R. Egger		
Zuordnung	B.Sc. Physik: P M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 2 SWS Ergänzung 1 SWS (fakultativ)		
Arbeitsaufwand	240 h, davon 75-90 h Präsenz und 150-165 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Mathematische Methoden 1+2, Analysis 1+2, Theoretische Mechanik, (inhaltlich)		
Lernziele, 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. 		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fundamentalbeziehungen, Hauptsätze 2. Eulergleichung 3. Gibbs-Duhem-Beziehung 4. Thermodynamische Potenziale, Maxwellbeziehungen 5. Quasistatische/adiabatische Prozesse (Carnot-Prozess etc.) 6. Ideales und reales Gas (Van-der-Waals-Gleichung), Phasenübergänge 1. Ordnung 7. Landau-Theorie der Phasenübergänge 8. Kritische Phänomene, Begriff des Ordnungsparameter, gebrochene Symmetrie 9. Elementare Renormierungsgruppentheorie (Skalierung und Universalität) 10. Ensembles der Statistischen Physik 11. Ideale Quantengase, Bose-Einstein-Kondensation 		
Prüfungsleistung	In der Regel schriftliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • 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 		

Module	Surface Physics 1	Credit Points	6
Lecturers	Prof. M. Getzlaff		
Person in charge	Prof. M. Getzlaff		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-A, WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W, E		
Components	Lecture 3 SWS Seminar 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h presence and 120 h individual study		
Language	English		
Requirements	None		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basics of crystallography 2. Preparation and atomic structure of clean surfaces 3. Electronic structure of surfaces 4. Structural surface defects 5. Elementary processes at surfaces 6. Thin film systems 7. Nanostructures 8. Vacuum technology 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Oura: Surface Science (Springer-Verlag) • lecture notes • selected review articles and monographs 		

Module	Surface Physics 2	Credit Points	6
Lecturers	Prof. M. Getzlaff		
Person in charge	Prof. M. Getzlaff		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W, WPP M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS Seminar 2 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h Presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Basic knowledge of surface physics according to the module <i>Surface Physics I</i>		
Learning targets	<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 <i>Surface Physics I</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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Measurement methods: diffraction 2. Measurement methods: electron spectroscopy 3. Measurement methods: microscopy 4. Further measurement method 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected review articles • Oura: Surface Science (Springer-Verlag) • selected monographs 		

Module	Theoretical Plasma Physics	Credit Points	6
Lecturers	Prof. A. Pukhov, N. N.		
Person in charge	Prof. A. Pukhov		
Assignment	M.Sc. Physics, SP-B, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik, WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h Presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Theoretical physics according to the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Single particle dynamics 2. Plasma dynamics (hydrodynamic equations and magneto-hydrodynamics) 3. Transport theory 4. Stability theory 5. Nonlinear dynamics and structure formation 6. Introduction to numerical plasma physics 7. Selected advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Selected review articles 		

Module	Theoretical Quantum Optics and Quantum Information	Credit Points	6
Lecturers	Prof. D. Bruß		
Person in charge	Prof. D. Bruß		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-B, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h Presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Theoretical physics according to the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quantization of the radiation field 2. States of the radiation field 3. Interaction of the radiation field with matter 4. Nonlinear quantum optics and quantum correlations 5. Basic concepts of quantum information theory 6. Quantum gates and quantum networks 7. Quantum cryptography 8. Theory of entanglement 9. Quantum information with continuous variables 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • D.F. Walls and G.J. Milburn, <i>Quantum Optics</i>, Springer-Verlag (1994); • L. Mandel and E. Wolf, <i>Optical Coherence and Quantum Optics</i>, Cambridge University Press (1995); • G. Benenti, G. Casati and G. Strini, <i>Principles of Quantum Computation and Quantum Information</i>, World Scientific Publishing (2004); • D. Bruß and G. Leuchs, <i>Lectures on Quantum Information</i>, Wiley-VCH (2007). • lecture notes 		

Module	Theoretical Soft Matter Physics	Credit Points	6
Lecturers	Prof. J. Horbach, Prof. H. Löwen		
Person in charge	Prof. H. Löwen		
Assignment	M.Sc. Physics: SP-B, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 3 SWS Exercises 1 SWS		
Work load	180 h, thereof 60 h Presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Theoretical physics and experimental thermodynamics according to the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction to the fluid state 2. Thermodynamics, structure and fluctuations 3. Phase transitions 4. Surfaces and inhomogeneous fluids 5. Computer simulations 6. Dynamics 7. Selected advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected review articles • script 		

Module	Theoretical Solid State Physics	Credit Points	6
Lecturers	Prof. R. Egger, Prof. J. Horbach		
Person in charge	Prof. R. Egger		
Assignment	M.Sc. Physics, SP-B, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik, WPP, W		
Components	Lecture	3 SWS	
	Exercises	1 SWS	
Work load	180 h, thereof 60 h Presence and 120 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Theoretical physics and experimental solid state physics according to the Bachelor programme in physics.		
Learning targets	<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 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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crystal structure and reciprocal lattice 2. Bloch theorem 3. Second quantization 4. Lattice vibrations 5. Free electron gas 6. Elementary excitations and optical processes 7. Superconductivity, Ginzburg Landau theory 8. Magnetic properties of solids 9. Selected advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
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 		

Module	Theory of complex fluids	Credit Points	3
Lecturers	Prof. Löwen, PD Dr. Ivlev		
Person in charge	Prof. Löwen		
Assignment	M.Sc. Physik: E, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h Presence and 60 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Statistical mechanics, Theoretical Soft Matter Physics		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of the essential elements of the theory of complex fluids according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the theoretical physics modules of the Bachelor programme; 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Theory of interfaces 2. Theoretical description of colloids, polymers and liquid crystals 3. Theoretical description of complex plasmas 4. Theory of the glass transition and of solidification 5. Hydrodynamics in complex geometries 		
Examination	Usually an 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.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • J.-L. Barrat and J.-P. Hansen, <i>Basic Concepts for simple and Complex Liquids</i>; Cambridge (2003) 		

Module	Theory of phase transitions	Leistungspunkte	3
Lecturers	Prof. J. Horbach		
Person in charge	Prof. J. Horbach		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M.Sc. Medizinische Physik: W. WPP		
Components	Lecture 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h Presence and 60 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Statistical mechanics		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Essential theoretical knowledge of phase transitions according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to statistical mechanics; 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Thermodynamic foundations 2. Mean field theories 3. Critical phenomena: renormation group theory and finite-size scaling. 4. Theory of interfaces and wetting phenomena 5. Crystallization 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • W. C. McComb, <i>Renormalization Methods: A Guide For Beginners</i> (Oxford University Press, 2008) • D. Chandler, <i>Introduction to Modern Statistical Mechanics</i> (Oxford University Press, 1987) • S. A. Safran, <i>Statistical Thermodynamics of Surfaces, Interfaces, and Membranes</i> (Westview Press, 2003) 		

Module	Ultracold Collisions	Credit Points	3
Lecturers	Prof. A. Görlitz		
Person in charge	Prof. A. Görlitz		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lectures 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h Presence and 60 h Individual study		
Language	English		
Requirements	Basic knowledge in quantum optics according to the module <i>Experimental Quantum Optics</i>		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results of ultracold collisions according to the table of contents; • Connection of the concepts taught in this module to the experimental physics modules of the Bachelor programme in physics and to the module <i>Experimental Quantum Optics</i>; 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quantum scattering, partial wave scattering 3. Elastic and inelastic interactions in ultracold gases 4. Feshbach resonances 5. Photoassociation 6. Advanced topics 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected review articles 		

Module	Ultrafast Optics	Credit Points	3
Lecturers	Dr. T. Toncian		
Person in charge	Dr. T. Toncian		
Assignment	M.Sc. Physics: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Lecture 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence und 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Laser physics recommended		
Learning targets	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik • Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse • Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten 		
Contents	<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 ultra short laser pulses 		
Examination	Usually an 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.		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • Rick Trebino – Ultra Fast Optics 		

Module	Fundamental Experiments of Nanophysics	Credit Points	3
Lecturers	Prof. Heinzel		
Person in charge	Prof. Heinzel		
Assignment	M.Sc. Physics: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Seminar 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge of basic and advanced concepts of solid state physics		
Learning targets	<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 s 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. 		
Contents	Selected experimental methods and results of nanophysics.		
Examination	Graded seminar talk		
Literature	Selected original publications		

Module	Journal Club on quantum information theory	Credit Points	3
Lecturers	Prof. Bruß		
Person in charge	Prof. Bruß		
Assignment	M.Sc. Physics: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Components	Seminar 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in quantum mechanics and further concepts in theoretical physics according to the curriculum of the Bachelor programme in Physics; knowledge taught in the module „Theoretical Quantum Optics and Quantum Information“.		
Learning targets	<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. 		
Contents	Selected advanced topics of quantum information theory, e.g. entanglement theory, state analysis, quantum cryptography, quantum networks, nonlocality, quantum Darwinism, quantum effects in biology.		
Examination	Graded seminar talk		
Literature	Selected original publications		

Module	Laser Plasma Physics	Credit Points	3
Lecturers	Prof. Willi		
Person in charge	Prof. Willi		
Assignment	M.Sc. Physics, E, W M.Sc. Medizinphysik: W, WPP		
Components	Seminar 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English or German		
Requirements	Knowledge of <i>Laser Physics</i> and <i>Experimental Plasma Physics</i> .		
Learning targets	<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 <i>Experimental Plasma Physics</i>; • Ability to prepare a selected topic of laser plasma physics for a seminar talk and give the corresponding oral presentation. 		
Contents	Fundamental concepts and current research topics of laser plasma physics.		
Examination	Graded seminar talk		
Literature	selected review and original papers.		

Module	Physics of Biomolecules	Credit Points	3
Lecturers	Prof. Egelhaaf		
Person in charge	Prof. Egelhaaf		
Assignment	M.Sc. Physics, E, W M.Sc. Medizinphysik: W, WPP		
Components	Seminar 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English or German		
Requirements	Knowledge of soft matter physics according to the Physics focus <i>Soft Matter</i> .		
Learning targets	<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. 		
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proteins: e.g. protein phases and folding; 2. DNA, RNA, long sugars, protein aggregates: mechanical properties, polymer electrolytes; 3. Biomembranes (e.g. Membrane flexibility, domain formation, exo- and endocytosis) 		
Examination	Graded seminar talk		
Literature	selected review and original papers.		

Module	Precision Measurements in Atomic Physics	Credit Points	3
Lecturers	Prof. A. Görlitz		
Person in charge	Prof. A. Görlitz		
Assignment	M.Sc. Physics, E, W M.Sc. Medizinphysik: W, WPP		
Components	Seminar 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in quantum optics according to the module <i>Experimental Quantum Optics</i> .		
Learning targets,	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge of advanced concepts and results in the field of Precision Measurements in Atomic 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 as well as to experimental quantum optics; • Ability to prepare a selected topic of Precision Measurements in Atomic Physics for a seminar talk and to give the corresponding oral presentation. 		
Contents	Latest research aspects of precision measurements in atomic physics: e. g. measurement of the electric dipole moment of the electron, parity violation or hydrogen spectroscopy.		
Examination	Graded seminar presentation		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected original and review articles. 		

Module	Quantum Transport in Nanostructures	Credit Points	3
Lecturers	Prof. R. Egger		
Person in charge	Prof. R. Egger		
Assignment	M.Sc. Physics, E, W M.Sc. Medizinphysik: W, WPP		
Components	Seminar 2 SWS		
Work load	90 h, thereof 30 h presence and 60 h individual study		
Language	English		
Requirements	Knowledge in solid state physics according to the module <i>Theoretical Solid State Physics</i> .		
Learning targets,	<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 <i>Solid State Physics and Nanophysics</i>; • Ability to prepare a selected topic of quantum transport in nanostructures for a seminar talk and to give the corresponding oral presentation. 		
Contents	Latest research aspects of quantum transport in nanostructures		
Examination	Graded seminar presentation		
Literature	<ul style="list-style-type: none"> • selected original and review articles. 		

C Abschlussarbeiten, Lernprojekte, Praktika

Module	Angeleitetes Lernprojekt	Leistungspunkte (ECTS)	4-15
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel, Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	M.Sc. Physics: S, E M.Sc. Medizinische Physik: S		
Komponenten	Individuelles angeleitetes Lernprojekt		
Arbeitsaufwand	120 - 450 h, davon 10-300 h Präsenzzeit und 150-440 h Selbststudium		
Sprache	Englisch oder German		
Voraussetzungen	Kenntnisse in experimenteller und theoretischer Physik auf gehobenem Niveau entsprechend der Module aus dem gewählten Forschungsfeld.		
Lernziele, Kompetenzen	<p>Die spezifischen Lernziele hängen vom individuellen Projekt ab und können Folgendes beinhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fortgeschrittene Kenntnisse auf dem Gebiet des Lernprojekts • Spezielle experimentelle Fertigkeiten mit Relevanz für die Masterarbeit • Fähigkeit zur Interpretation fortgeschrittener Experimente und deren Resultate • Fähigkeit zur Anwendung von Konzepten und Methoden der Theoretischen Physik • Verknüpfung und Anwendung der Inhalte verschiedener Module und der Kompetenzen die dort erworben wurden. • Kompetenz und Fähigkeit zur wissenschaftlichen Arbeit an der Schnittstelle zwischen Physik und Medizin • Kommunikationskompetenz 		
Inhalt	Der spezielle Inhalt hängt vom jeweiligen Projekt ab. Lernprojekte im Rahmen der Spezialisierung werden auf dem Gebiet der Masterarbeit durchgeführt und vermitteln die dort benötigten Fähigkeiten und Kenntnisse.		
Prüfungsleistung	Schriftliche Hausarbeit		
Literatur	Ausgewählte Monographien, Übersichts- und Originalartikel.		

Module	Biophysik-Computerpraktikum	Leistungspunkte (ECTS)	6
Dozent(inn)en	Jun.-Prof. Schröder		
Verantwortliche(r)	Jun.-Prof. Schröder		
Zuordnung	M.Sc. Physics: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	7-tägiges Blockpraktikum		
Arbeitsaufwand	180h, davon 60h Präsenz und 120h Selbststudium		
Sprache	Deutsch oder Englisch		
Voraussetzungen	Vorlesung Biophysik (nicht zwingend)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit zur Durchführung von Simulationen und numerischen Rechnungen in der Biophysik 		
Inhalt	<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) 		
Prüfungsleistung	Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum / ausführliches Versuchsprotokoll		
Literatur	Meyer B. Jackson: <i>Molecular and Cellular Biophysics</i> , Cambridge University Press (2006)		

Modul	Masterarbeit	Leistungspunkte (ECTS)	6
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel, Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	M.Sc. Physics: P M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Masterarbeit		
Arbeitsaufwand	900 h		
Sprache	Englisch oder Deutsch		
Voraussetzungen	Die Masterarbeit kann erst angemeldet werden, nachdem mindestens 60 Leistungspunkte erworben wurden.		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Für experimentelle Arbeiten: Beherrschung der experimentellen Techniken, die für die Durchführung der Arbeit erforderlich sind • Für theoretische Arbeiten: Beherrschung der theoretischen Methoden, die für die Durchführung der Arbeit erforderlich sind. • Vielfältige Verknüpfung und Anwendung von Kenntnissen, die im Laufe des Studiums erworben wurden. • Fähigkeit zur Anwendung und Implementierung wissenschaftlicher Strategien und Konzepte • Kommunikationskompetenz • Fähigkeit zur Arbeit an der Schnittstelle zwischen verschiedenen Forschungsbereichen wenn erforderlich. 		
Inhalt	<p>Die Masterarbeit wird auf einem der Forschungsgebiete durchgeführt, die im Bereich der Physik oder Medizinischen Physik an der HHU Düsseldorf vertreten sind. Die Masterarbeit ist eine wissenschaftliche Arbeit, die unter Anleitung eines Professors oder Privatdozenten durchgeführt und schriftlich zusammengefasst wird. Ausnahmen hiervon regelt der Prüfungsausschuss.</p> <p>Das Thema der Arbeit wird vom Betreuer aus seinem Forschungsbereich festgelegt. Das Thema sollte eine inhaltliche Verbindung zu den Modulen des Ergänzungsbereichs aufweisen und der Studierende sollte sich in der Spezialisierung auf das Themengebiet der Masterarbeit vorbereitet haben. 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.</p>		
Prüfungsleistung	Schriftliche Masterarbeit		
Literatur	Monographien und ausgewählte Originalartikel		