Modulhandbuch zu den Studiengängen Physik, Bachelor of Science Physik, Master of Science der Technischen Universität Dortmund Version: 19. April 2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Erläuterungen	2
Inhaltsübersicht	4
Module Semester 1-4	12
Module Semester 5 und 6	
Module Semester 7 (Master)	
Module Semester 8 (Master)	143
Module Semester 9 und 10 (Master)	172

Erläuterungen

Die Module des Fachs Physik sind hier mit einer Nummer der Form PHYkImn versehen. Dabei ist

- k die Nummer des Semesters in dem dieses Modul normalerweise begonnen werden kann. Die Semester des Bachelor- und Masterstudiengangs sind dabei fortlaufend nummeriert, also k=1,...,6 für den Bachelorstudiengang und k=7,...,10 für den Masterstudiengang,
- I die Art der Veranstaltung: I=1: Theoretische und experimentelle Physik, z.B. integrierter Kurs; I=2: Experimentalphysik; I=3: Theoretische Physik; I=4 Experimentelle Übung (Praktikum),
- **mn** eine Ordnungsnummer.

Die im Bachelorstudiengang verwendeten Importmodule aus der Mathematik, Chemie und Informatik sind in der von den anbietenden Fakultäten veröffentlichten Form aufgeführt. Sie sind daher auch nicht nach dem oben beschriebenen Schema nummeriert und die Beschreibungen sind unterschiedlich gestaltet.

Die Module des Wahlbereichs bzw. des allgemeinen Vertiefungsgebiets im Bachelorstudiengang und im Masterstudiengang sind den Modulkatalogen der anbietenden Fakultäten zu entnehmen. Diese sind durch die jeweiligen Prüfungsordnungen näher bestimmt. Die Auswahl der möglichen Module geschieht in Abstimmung zwischen den beteiligten Fächern bzw. Fakultäten. Ein starrer Katalog ist im Interesse der Flexibilität und der Anpassung an neue Entwicklungen in der Wissenschaft und im Berufsfeld nicht sinnvoll. Als Anhaltspunkt für mögliche Kombinationen von Modulen in diesen Bereichen werden Beispiele für bewährte Kombinationen von Veranstaltungen im Internet publiziert.

Auch die Liste der Wahlmodule für den Wahlbereich bzw. das physikalische Vertiefungsgebiet ist nicht als exklusiv oder starr anzusehen. Auch hier müssen neue Entwicklungen berücksichtigt werden können; weiterhin sollen auch Lehrveranstaltungen von Gastdozentinnen und Gastdozenten sowie die Lehrveranstaltungen der an der Fakultät habilitierten externen (ISAS, DESY etc.) Lehrenden sowie weitere nicht regelmäßig stattfindende Lehrveranstaltungen in diesen Bereichen Verwendung finden können.

Für den Wahlbereich bzw. das physikalische Vertiefungsgebiet sind keine festen Module oder Modulkombinationen vorgeschrieben worden, um den Studierenden eine individuelle Schwerpunktsetzung, insbesondere im Masterstudiengang, zu ermöglichen. Diese Schwerpunktsetzung erfolgt in Abstimmung mit den Lehrenden, der Studienberatung und dem Prüfungsausschuss. Es hat sich gezeigt, dass sich ein Kanon von sinnvollen Standardkombinationen herausbildet, an dem sich die Studierenden orientieren.

Viele der Wahlmodule sind daher bewusst klein (3 LP) gehalten, um den Studierenden in Abstimmung mit den Lehrenden eine optimale Anpassung an individuelle Vertiefungswünsche zu ermöglichen. Beispielsweise könnte das Modul 825 (Grundlagen der Detektorphysik, 3LP) zusammen mit 823 (Astroteilchenphysik, 6LP) und 7210 (Seminar: Teilchen- und Astroteilchenphysik, 3LP) ein sinnvolles physikalisches Vertiefungsgebiet im Hinblick auf eine Masterarbeit in der Astroteilchenphysik sein. Dasselbe Modul 825 kann aber auch mit 622 (Einführung Medizinphysik, 8 LP) und Strahlentherapie und Dosimetrie (aus dem Studiengang Medizinphysik) für eine Spezialisierung in der Medizinphysik eingesetzt werden, oder, noch anders kombiniert, in der traditionellen Teilchenphysik an Beschleunigern. Eine erschöpfende Auflistung *aller* möglichen Kombinationen erscheint im Interesse der Übersichtlichkeit nicht sinnvoll.

Das Modul "Physikalisches Hauptseminar" nach §10 der Master-Prüfungsordnung ist fachlich nicht näher spezifiziert, da alle Arbeitsgruppen der Fakultät regelmäßig Seminare auf dem entsprechenden

Niveau anbieten. Einige davon sind im Modulkatalog explizit beschrieben, um darauf hinzuweisen, dass sie sich in Kombination mit anderen Modulen gut für ein Vertiefungsgebiet eignen; ein Beispiel dafür ist etwa PHY726. Selbstverständlich kann ein für ein Vertiefungsgebiet verwendetes Seminar nicht nochmals als Physikalisches Hauptseminar verwendet werden. Leistungspunkte für Seminare werden nur bei regelmäßiger aktiver Teilnahme an den Seminardiskussionen vergeben; außerdem muss ein eigener Beitrag vorgetragen werden.

Wie an den meisten Physikfakultäten und -Fachbereichen üblich, rotieren die Pflichtveranstaltungen und die größeren Wahlveranstaltungen unter den Lehrenden; daher wird in den Modulbeschreibungen auf Namensangaben der Lehrenden verzichtet.

Für die Mehrzahl der Module im Fach Physik ist die verwendete Literatur in den Modulbeschreibungen angegeben. Weitere Literatur wird jeweils zu Beginn eines Moduls von den aktuell Lehrenden bekanntgegeben, auf Anfrage auch im Voraus.

Viele Module aus dem Bachelor- oder Master-Studiengang Medizinphysik können auch in den Bachelor- und Master-Studiengängen Physik verwendet werden, beispielsweise die Module Medizinphysik I und II und andere Module, deren Inhalte nicht weitgehend durch Pflicht- Wahlpflichtoder Wahlmodule der Bachelor- und Master-Studiengänge Physik abgedeckt werden. Diese Module sind im entsprechenden Modulhandbuch des Master-Studienganges Medizinphysik beschrieben.

Inhaltsübersicht

Modul		Name	Studien- gang	СР
	Mathematik 1	Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI	P,B	9
	Mathematik 2	Höhere Mathematik II für P/ET-IT/AI	P,B	9
	Mathematik 3	Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI	P,B	9
	Mathematik 4a	Höhere Mathematik IV für P	P,B	6
	Mathematik 4b	Numerische Mathematik für Physik und Ingenieurwissenschaften	P,B	6
	Chemie	Allgemeine und anorganische Chemie für Physik (Vorlesung)	WP,B	6
	Chemie	Allgemeine und anorganische Chemie für Physik (Praktikum)	WP,B	4
	Informatik	Einführung in die Programmierung (Varianten mit/ohne Praktikum)	WP,B	12/ 9
PHY111	Physik 1	Physik I	P,B	15
PHY211	Physik 2	Physik II	P,B	15
PHY311	Physik 3	Physik III	P,B	15
PHY341	Praktikum 1	Experimentelle Übungen I	P,B	6
PHY411	Physik 4	Physik IV	P,B	15
PHY412	Wahlmodul	Grundbegriffe der Physik (Varianten a und b)	W,BM	6 / 5
PHY421	Wahlmodul	Instrumente der modernen Physik	W,BM	5
PHY422	Wahlmodul	Introduction to particle accelerator physics	W,B	3
PHY441	Praktikum 2	Experimentelle Übungen II	P,B	6
PHY513	Wahlmodul	Seminar: Die Physik und Technik bei Star Trek	W,B	3
PHY515	Wahlmodul	Seminar: Physik des Segelns	W,BM	3
PHY521	Physik 5	Einführung in die Festkörperphysik	P,B	9
PHY522	Physik 6	Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik	P,B	9
PHY523a	Wahlmodul	Statistische Methoden der Datenanalyse / SMD A	W,BM	5
PHY523b	Wahlmodul	Statistische Methoden der Datenanalyse / SMD B		5
PHY524	Wahlmodul	Physik und Technik der Verifikation von Rüstungsbegrenzungsverträgen	W,BM	3
PHY525	Wahlmodul	Statistische Methoden der Datenanalyse 2	W,BM	3
PHY526a	Wahlmodul	Laserphysik	W,BM	5
PHY526b	Wahlmodul	Laserphysik	W,BM	3
PHY528	Wahlmodul	Seminar: Kernenergie und andere Energiefragen	W,BM	3

Modul	Modul Name			
PHY529	Wahlmodul	Teilchenphysik 1	W,B	3
PHY5210V	Wahlmodul	Vorlesung Magnetismus	W,BM	6
PHY5210S	Wahlmodul	Seminar Magnetismus	W,BM	3
PHY5211	Wahlmodul	Materials for Nanoelectronics and High-Speed Quantum Electronic Devices	W,BM	5
PHY5214	Wahlmodul	Literaturseminar Attosekundenmetrologie	W,BM	3
PHY5216	Wahlmodul	Seminar: Photovoltaik	W,BM	3
PHY5217	Wahlmodul	Streumethoden in der Festkörperphysik	W,BM	5
PHY531	Physik 7	Thermodynamik und Statistik	P,B	9
PHY533	Wahlmodul	Gruppentheorie in der Physik I	W,BM	6
PHY534	Wahlmodul	Einführung in die Quantenfeldtheorie der Elementarteilchen	W,BM	3
PHY535	Wahlmodul	Kosmologie, Quantenkosmologie, Gravitationswellen	W,BM	9
PHY536	Wahlmodul	Seminar: Physik und Philosophie der Zeit	W,BM	3
PHY537	Wahlmodul	Gruppentheorie in der Physik II	W,BM	5
PHY538	Wahlmodul	Gruppentheorie in der Festkörperphysik	W,BM	6
PHY539	Wahlmodul	Seminar: Condensed Matter Meets Particle Physics	W,BM	3
PHY611	Bachelor- arbeit	Bachelorarbeit mit Vortrag	P,B	10
PHY621	Wahlmodul	Elektronik	W,BM	8
PHY622	Wahlmodul	Einführung in die Medizinphysik / Medizinphysik I	W,BM	8
PHY623	Wahlmodul	Magnetische Resonanz	W,BM	5
PHY624	Wahlmodul	Seminar: Spezielle Themen der experimentellen Teilchenphysik	W,BM	3
PHY625	Wahlmodul	Physik und Technologie von Halbleiternanostrukturen	W,BM	3
PHY626	Wahlmodul	Maschinelles Lernen für Physiker*innen	W,BM	4
PHY627	Wahlmodul	Seminar: Aktuelle Themen und Techniken aus der Oberflächenphysik	W,BM	3
PHY628	Wahlmodul	Fortgeschrittene nichtlineare spektroskopische Methoden in der Festkörperphysik	W,BM	3
PHY629	Wahlmodul	Seminar: Angewandte Dosimetrie	W,BM	3
PHY6210	Wahlmodul	Methoden der klinischen Forschung	W,BM	5
PHY6211	Wahlmodul	Anwendungen des maschinellen Lernens in der	W,MM	3

Modul		Name	Studien- gang	СР
		Medizinphysik		
PHY6212	Wahlmodul	Superconductivity	W,(B)M	3
PHY6213	Wahlmodul	Halbleiterphysik	W,BM	5
BP12	Wahlmodul	Physik des Lebens	W,BM	6
PHY631	Wahlmodul	Höhere Quantenmechanik	W,BM	6
PHY632	Wahlmodul	Computational Physics	W,BM	9
PHY633	Wahlmodul	Theorie weicher und biologischer Materie	W,BM	6
PHY634	Wahlmodul	Allgemeine Relativitätstheorie	W,BM	6
PHY641	Praktikum 3	Fortgeschrittenenpraktikum (Bachelor)	P,B	6
PHY711	SpezModul	Beschleunigerphysik (vgl. unten bei 731/32)	WP,M	12
PHY712	Wahlmodul	Beschleunigerphysik I	W,BM	6
	Wahlmodul	Ethik der Naturwissenschaften	W,BM	3
PHY713	Wahlmodul	Seminar: Soft Matter und Biophysik: Experiment und Theorie	W,(B)M	3
PHY714	Wahlmodul	Master module Molecular simulation of soft matter and biological materials	W,M	6
PHY722	Wahlmodul	Seminar: Aktuelle Probleme aus dem Bereich der Nutzung von Synchrotronstrahlung und der Tunnelmikroskopie	W,M	3
PHY723	Wahlmodul	Seminar: Schlüsselexperimente in der Teilchenphysik	W,M	4
PHY724	Wahlmodul	Messmethoden in der Oberflächenphysik	W,BM	6
PHY725	Wahlmodul	Introduction to Optical Properties of Solids	W,BM	3
PHY726	Wahlmodul	Seminar: Beschleunigerphysik und Synchrotronstrahlung - Anwendungen in der Festkörperphysik	W,BM	3
PHY727	Wahlmodul	Atomar aufgelöste Oberflächen- und Grenzflächenanalyse	W,BM	3
PHY728	Wahlmodul	Seminar: Festkörperspektroskopie	W,BM	3
PHY729	Wahlmodul	Seminar: Laser – Arten und Anwendungen	W,BM	3
PHY7210	Wahlmodul	Seminar: Teilchen- und Astroteilchenphysik	W,BM	3
PHY7211	Wahlmodul	Seminar: Neutrino- und Gammaastronomie	W,BM	3
PHY7212	Wahlmodul	Seminar: Teilchenphysikalische Aspekte Kosmischer Strahlung	W,BM	3
PHY7213	Wahlmodul	Seminar: Moderne Optik	W,BM	3
PHY7214	Wahlmodul	Quantenoptik	W,M	3

Modul	Modul Name			
PHY7215	Wahlmodul	Seminar: Lesekurs zur Teilchenphysik	W,BM	3
PHY7217	Wahlmodul	Seminar: Radioastronomie	W,BM	3
PHY7218	Wahlmodul	Seminar: Kosmische Strahlung	W,BM	3
PHY7219a	Wahlmodul	Physikalisch-Chemische Analytik 1a, Angewandte Spektrometrie	W,BM	3
PHY7220a	Wahlmodul	Physikalisch-Chemische Analytik 2a, Angewandte Plasmaphysik	W,BM	3
PHY7221a	Wahlmodul	Physikalisch-Chemische Analytik 3a, Angewandte Laserspektrometrie	W,BM	3
PHY7219b	Wahlmodul	Physikalisch-Chemische Analytik 1b, Angewandte Spektrometrie (mit Praktikum)	W,BM	5
PHY7220b	Wahlmodul	Physikalisch-Chemische Analytik 2b, Angewandte Plasmaphysik (mit Praktikum)	W,BM	5
PHY7221b	Wahlmodul	Physikalisch-Chemische Analytik 3b, Angeandte Laserspektrometrie (mit Praktikum)	W,M	5
PHY7222	Wahlmodul	Magnetism II	W,M	3/6
PHY7224	Wahlmodul	Seminar: Informormationstechnologie der Zukunft	W,BM	3
PHY7225	Wahlmodul	Tandem-Projekte in der Teilchenphysik	W,BM	6
PHY7226	Wahlmodul	Angewandte Physik in der klinischen Medizin	W,M	3
PHY7227	Wahlmodul	Seminar: Die Suche nach neuen Teilchen, Dunkler Materie & Co.	W,M	3
PHY7228	Wahlmodul	Superconducting Technology applied to particle accelerators	W,M	3
PHY7229	Wahlmodul	Seminar: Terahertz Dynamics of Condensed Matter	W,M	3
PHY7230	Wahlmodul	Literaturseminar Quantentechnologien	W,M	3
PHY7231	Wahlmodul	Dynamik offener optischer Systeme	W,M	5
PHY7232	Wahlmodul	Physik des Top-Quarks und des Higgs-Bosons	W,M	6
PHY7233	Wahlmodul	Practical Aspects of Instrumentation	W,M	3/6/9
PHY7234	Wahlmodul	Laboratory of condensed matter physics: time- resolved photoemission	W,M	6
PHY731	Spezialisie-	Einführung in die theoretische	WP,M	12
PHY732	rungsmodul	Elementarteilchenphysik (731)		
PHY711		oder		
		Einführung in die theoretische Festkörperphysik (732)		
		oder		

Inhaltsül	persicht			
Modul		Name	Studien- gang	СР
		Beschleunigerphysik (711)		
PHY733	Wahlmodul	Quantenfeldtheorie	W,M	6
PHY734	Wahlmodul	Seminar: Theorie stark korrelierter Systeme in der Festkörperphysik	W,BM	3
PHY735	Wahlmodul	Einführung in die Renormierungsgruppe	W,M	4
PHY736	Wahlmodul	Seminar: Physik jenseits des Standardmodells (BSM-Seminar)	W,BM	3
PHY737	Wahlmodul	Seminar: Theoretische Probleme der kondensierten Materie	W,BM	3
PHY738	Wahlmodul	Hadronen in der Quantenchromodynamik	W,M	4
PHY739	Wahlmodul	Master-Seminar zu Differentialgeometrie / Allgemeine Relativitätstheorie	W,M	5
PHY7310	Wahlmodul	Seminar: Big Questions Seminar	W,M	3
PHY7311	Wahlmodul	Seminar: Neutrinos and Cosmology	W,M	3
PHY7312	Wahlmodul	Theorie des Magnetismus in Festkörpern	W,M	6
PHY7313	Wahlmodul	Wahlmodul Mastermodul Theorie weicher und biologischer Materie		5
PHY7314	Wahlmodul	Lecture: Quantum theory of semiconductors	W,M	3
PHY7315	Wahlmodul	Ask me anything: Quantum Dots	W,M	3
PHY7316	Wahlmodul	Advanced Topics in Quantum Field Theory	W,M	6
PHY7317	Wahlmodul	From Standard Model to BSM Physics	W,M	3
PHY741	Praktikum 1	Experimentelle Übungen für Masterstudierende I	P,M	10
bis SS18				
PHY742	Praktikum	Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudierende	P,M	6
ab WS18/19				
KM09/ APM11	Wahlmodul (Praktikum)	Computerpraktikum: Angewandte Protonentherapie	W,M	6
PHY811	Wahlmodul	Flavorphysik in Experiment und Theorie	W,M	6
PHY812	Wahlmodul	Beschleunigerphysik II	W,M	6
PHY822	Wahlmodul	Experimental aspects of particle physics	W,M	6
PHY823	Wahlmodul	Astroteilchenphysik	W,BM	6
PHY823.2	Wahlmodul	Astroteilchenphysik II	W,BM	3
PHY825	Wahlmodul	Grundlagen der Detektorphysik	W,M	3
PHY826	Wahlmodul	Seminar on detector systems in particle and medical	W,M	3

Modul	Studien- gang	- CP							
PHY827	Wahlmodul	W,BM	3						
PHY829	Wahlmodul	Blockkurs: Strukturanalyse mit Röntgenstrahlung	W,M	5					
PHY8210	Wahlmodul	Blockkurs: Externe Schulungen in der Teilchenphysik	W,M	1					
PHY8211	Wahlmodul	Applications of Synchrotron Radiation	W,M						
PHY8212	Wahlmodul	Licht-Materie-Wechselwirkung	W,BM	6					
PHY8213	Wahlmodul	Seminar: Licht-Materie-Wechselwirkung	W,BM	3					
PHY831	Wahlmodul	Vielteilchen-Festkörpertheorie	W,M	8					
PHY832	Wahlmodul	Kosmologie	W,BM	3					
PHY833	Wahlmodul	Flavorphysik	W,M	6					
PHY834	Y834 Wahlmodul Introduction to Renormalization of Quantum Field Theories			2					
PHY835	Wahlmodul	Introduction to Grand Unified Theories	W,M	2					
PHY836	Wahlmodul	Introduction to Group Theory and Lie Algebras	W,M	2					
PHY837	Wahlmodul	Calculation Methods for Feynman Diagrams	W,M	2					
PHY838	Wahlmodul	Theorie weicher und biologischer Materie II	W,M	5					
PHY839	Wahlmodul	From Standard Model to BSM Physics	W,M	3					
PHY841	Praktikum 2	Experimentelle Übungen für Masterstudierende II	P,M	10					
bis SS18									
PHY842 ab WS18/19	Praktikum	Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Festkörperphysik	W,P,M	6					
PHY843 ab WS18/19	Praktikum	Advanced Laboratory course II: Particle physics	W,P,M	6					
PHY844	Praktikum	Fortgeschrittenenpraktikum II für	W,P,M	6					
ab WS18/19		Masterstudierende: Theoretikum							
PHY845	Praktikum	Advanced Laboratory course II: Electronics	W,P,M	6					
ab WS18/19									
PHY846	Wahlmodul	Seminar zum Theoretikum im Bereich	W,P,M	3					
ab WS18/19		Kondensierter Materie							
PHY847	Wahlmodul	Seminar: Präsentationstechniken	W, B, M	3					
PHY911	Forschungs- praktikum	· Forschungspraktikum P,N		15					
PHY912	Methoden und Projekt- planung	den und Methoden und Projektplanung F t- ng							

Inhaltsübersicht							
Modul		Name	Studien- gang	СР			
PHY1011	Masterarbeit	Masterarbeit	P,M	30			
W=Wahlm	odul, WP=Wah	lpflicht, P=Pflicht					

B=Bachelor, M=Master

Г

Module Semester 1-4

Modul: Höhere Mathematik I

für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

Bachelor-Studiengänge: Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informationsund Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik

Turnus	Dauer	Studienabschnitt	Credits	Aufwand
Jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	9	270 h

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	1	Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI	V	6	4		
	2	Übungen zu Höhere Mathematik I fü P/ET-IT/AI	r Ü	3	2		
2	Lohnvor	anatoltungaantaaha					
2	Deutsch	anstatungssprache					
3	3 Lehrinhalte Dieses Modul vermittelt die grundlegenden mathematischen Begriffe der Analysis und der Linearen Algebra. Die Vorlesung (Element 1) beginnt mit der Einführung der reellen und komplexen Zahlen. Es folgen aus der Analysis die Themen 'Folgen und Reihen' sowie 'Stetigkeit, Differenzierbarkeit und Integration von Funktionen einer Veränderlichen'. Im Teil für Lineare Algebra werden 'Vektorräume und Lineare Abbildungen' sowie 'Determinanten und Eigenwerte' diskutiert. Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieurwissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion						
4	Kompete Die Stud	e nzen dierenden sollen die grundlegenden m lanwendungen erlernen.	athematische	en Methode	n sowie einige		
5	 Prüfungen Physik: Unbenotete Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht. 						
6	 Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: Klausur □ Teilleistung 						
7	Teilnahn Empfohle	nevoraussetzungen en wird die Beherrschung des Schulstoffs N	<i>l</i> athematik				
8	Modulty Pflichtmo Informati	p und Verwendbarkeit des Moduls odul in den Bachelorstudiengängen onstechnik, Informations- und Kommunika	Physik, Me ionstechnik,	dizinphysik, Angewandte	Elektro- und Informatik		
9	Modulbe Studiend	eauftragte/r Zus ekan/in der Fakultät für Mathematik Fak	tändige Fak ultät für Math	u ltät ematik			

Modul: Höhere Mathematik II

für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

Ba	chelor-St d Kommur	u diengär nikationste	ıge: Physik, Medi echnik. Angewand	zinphysik, dte Informa	Elektro- ur tik	nd Inforr	mationstech	nik, l	nformations-
Tu	rnus		Dauer	Studie	nabschnit	t	Credits	Α	ufwand
Jäl	nrlich zum	SS	1 Semester	2. Sem	ester		9	27	70 h
			_1				1		
1	Modulst	ruktur							
	Nr.	Elemen	t / Lehrveranstal	ltung		Тур	Credit	ts	SWS
	1	Höhere	Mathematik II für	P/ET-IT/AI		V	6		4
	2	Übunge IT/Al	n zu Höhere Mat	hematik II	für P/ET-	Ü	3		2
2	Lehrvera	anstaltun	gssprache						
2	Deutsch								
4	 Dieses Modul setzt das Modul Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI fort. Die Vorlesung (Element 1) besteht aus den Themenkomplexen 'eindimensionale Integral- rechnung', 'mehrdimensionale Differentialrechnung', 'mehrdimensionale Integralrechnung' und 'Gewöhnliche Differentialgleichungen'. Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieur- wissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben. Kompetenzen Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige 								
5	 Prüfungen Benotete Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht 								
6	Prüfung ⊠ Mod	sformen ulprüfun	und –leistungen g: Klausur	I	🗆 Teillei	stung			
7	Teilnahn Solide Ke	nevoraus enntnisse	setzungen aus Höhere Math	nematik I fü	r P/ET-IT/	AI			
8	Modulty Pflichtmo Informati	p und Ve odul in onstechni	rwendbarkeit de den Bachelors ik, Informations- ι	s Moduls tudiengäng und Kommu	jen Phys Inikationst	ik, Me echnik.	edizinphysik Angewandte	, El e Info	lektro- unc ormatik
9	Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik Fakultät für Mathematik								

Modul: Höhere Mathematik III

für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

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

Modul: Höhere Mathematik IV für Physik Bachelor-Studiengänge: Physik Turnus: **Studienabschnitt** Credits Aufwand Dauer Jährlich zum SS 1 Semester 4. Semester 6 180 h 1 Modulstruktur Element / Lehrveranstaltung Credits SWS Nr. Typ Höhere Mathematik IV für Physik V + Ü 1 4 6 2 Lehrveranstaltungssprache Deutsch 3 Lehrinhalte Dieses Modul setzt das Modul Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI fort. In der Veranstaltung werden einige fortgeschrittene und für physikalische Anwendungen besonders relevante Themenkomplexe der Analysis erarbeitet. Als solche eignen sich in besonderer Weise die Themen 'Hilberträume', 'Variationsrechnung', 'Differentialformen und Distributionen' und 'Dynamische Systeme'. Die Übungen dienen der Vertiefung der jeweiligen Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und ihrer Anwendung auf konkrete Probleme. Sie bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben. 4 Kompetenzen Studierenden sollen fortgeschrittene mathematische Die Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen. 5 Prüfungen Benotete Modulprüfung in Form einer Klausurarbeit (90min). Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht. Prüfungsformen und –leistungen 6 **Modulprüfung: Klausur** □ Teilleistung: 7 Teilnahmevoraussetzungen Solide Kenntnisse in Höhere Mathematik I - III für P/ET-IT/AI Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls 8 Pflicht-Teilmodul im Bachelorstudiengang Physik Modulbeauftragte/r 9 Zuständige Fakultät Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik Fakultät für Mathematik

Modul: Numerische Mathematik für Physik und Ingenieurwissenschaften

Ba	Bachelor-Studiengänge: Physik, Chemieingenieurwesen, Bioingenieurwesen, Bauingenieurwesen,							
Tu	rnus		Dauer	Studier	abschnitt	Credits	Aufwand	
Ja	hrlich zum	55	1 Semester	4. oder	6. Semester	6	180 h	
1	Modulst	ruktur						
•	Nr.	Elemen	t / Lehrveranstalt	ung	Тур	Credits	SWS	
	1	Numeri	sche Mathematik	für Physi	k und V+Ü	6	4	
2	Lohnvor	Ingenie		a h				
2	Lenrvera	anstattur	igssprache: Deuts	sch				
3	 3 Lehrinhalte Dieses Modul setzt das Modul Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI fort. In der Veranstaltung werden Methoden der Numerischen Mathematik zur praktischen Lösung numerischer Standardaufgaben (Interpolation, Integration, Gleichungssysteme, Differentialgleichungen,) behandelt. Die Übungen dienen der Vertiefung der jeweiligen Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und ihrer Anwendung auf konkrete Probleme. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben. Die Veranstaltung vermittelt Grundlagen der numerischen Behandlung von Problemen, die in den Ingenieurwissenschaften und in der Physik vielfach auftreten: Numerische Lineare Algebra (Lösung großer linearer Gleichungssysteme, Konditionierung, iterative Löser, Eigenwertberechnung) Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme (Newton-Verfahren und Varianten) Optimierung (lineare Programmierung, nichtlineare Probleme) Numerische Behandlung gewöhnlicher Differentialgleichungen (Ein- und Mehrenbritturfehren) 							
4	Kompetenzen Die Studierenden sollen fortgeschrittene mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen. Die Studierenden kennen wesentliche mathematische Grundlagen zur numerischen Lösung von Anwendungsproblemen und gewinnen in den praktischen Übungen am Computer eigene Erfahrungen bei der Realisierung numerischer Algorithmen und bei der Anwendung geläufiger Verfahren auf Beispielprobleme. Sie können auf dieser Grundlage die Möglichkeiten und Grenzen der numerischen Lösungsverfahren einschätzen und passende Methoden für praktische Probleme auswählen.						n sowie einige nerischen Lösung Computer eigene endung geläufiger /öglichkeiten und de Methoden für	
5	 Früfungen Benotete Modulprüfung in Form einer Klausurarbeit (90min). Als Zulassungsvoraussetzung ist eine Studienleistung zu erbringen. Die Details werden durch die jeweilige Dozentin / den jeweiligen Dozenten in der Veranstaltungsankündigung bekannt gemacht 							
6	Prüfung ⊠ Mod	sformen ulprüfun	und –leistungen g: Klausur		☐ Teilleistung:			
7	Teilnahr Kenntnis MB/BCI/	nevoraus se in Höl BW; ggf.	ssetzungen here Mathematik I - weitere Veranstaltu	III für P/I ungen de	ET/IT/AI bzw. Höł s Studienfachs	nere Mathem	natik I-IIIa für	
8	Modulty Pflicht-(T	p und Ve eil-)Modւ	erwendbarkeit des ul im Bachelorstudi	Moduls engana F	Physik			
9	Modulbe Studiend	ekan/in d	e/r ler Fakultät für Mat	hematik	Zuständige Fal Fakultät für Mat	kultät hematik		

Modul: Einführung in die Programmierung für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

Ba Ko	Bachelor-Studiengänge: Physik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik							
Tu	rnus	Dauer	Studienabschnit	t Credits			Auf	wand
Jäł	nrlich im W	S 1 Semester	1. Semester	12 (V.Ü.F) oder 9	(V.Ü)	360	oder 270 h
				() -)	/	() -)		
1	Modulstru	ktur						
	Nr.	Element / Lehrver	ranstaltung		Тур	Credi	its	SWS
	1	Einführung in die F	Programmierung		V	6		4
	2	Übungen zu Einfül	nrung in die Programr	nierung	Ü	3		2
	3	Optional: Praktil Programmierung	kum zu Einführu	ng in die	Р	3		2
2	Lehrverar	staltungssprache	: Deutsch					
3	Lehrinhalt	e						
	Elemente	1 und 2						
	1. Begriffs	klärungen: Informa	itik allgemein, Teilge	biete der Infor	matik, Al	gorithm	us; Al	ogrenzung zu
	anderen V	/issenschaften; Üb	erblick: Rechnerarchi	tektur und Pro	grammier	rsprache	en; Da	arstellung von
	Information		arundlaganda Datan	typen und et	ukturop	Kontrol	lotruld	uran Zaigar
	Z. Flogran	Klassenkonzept	Vererbung Polymorp	hie Ausnahme	behandlı	ing Sch	nablor	ien Überblick
	STL	i, raccontenzopi,	vereneung, verymerp		bonanare			
	3. Abstrakt	e Datentypen: Kelle	er, Schlange, Listen, I	Binärbaum, Gra	aphen, Ko	mplexe	Zahle	en
	4. Algorith	nen: Suchen, Sorti	eren, Hashing, Rekur	sionsprinzip, ei	nfache Gi	raphalgo	orithm	en
	5. Einführu	ing in die GUI-Prog	rammierung (mit Qt)					
	<u>Element 3</u>	Vorlesung behand	elten Inhalte werden	anhand vorge	abonor /	Aufaahe	n (im	wesentlichen
	Programm	ieraufgaben) vertie	eft. Die Aufgaben si	nd mittels be	reitaestell	ter Red	chner	praktisch zu
	bearbeiten	und zu lösen.						p
	Lehrbüche	<u>r</u>						
	Lippmani	n; Lajoie; Moo: C++	Primer, 4. Auflage (d	t. Ausgabe)				
	May: Gru	ndkurs Software-Ei	ntwicklung mit C++;					
4	• Stroustru Komneter	p. Die C++ Program	nmiersprache, 4. Auna	age				
-	Nach erfo	lgreichem Abschlu	ss des Moduls sind	die Studieren	den in d	er Lage	e, Alq	orithmen aus
	unterschie	dlichen Bereichen s	strukturiert zu entwerf	en und in der o	bjektorier	ntierten	/ U	
	Programm	iersprache C++ ur	nzusetzen. Dabei wa	ählen sie jewe	ils geeig	nete Da	atenty	pen aus. Sie
	kennen di	e Sprachkonstrukte	e von C++ und behe	rrschen die Gr	undkonze	epte vo	n obje	ektorientierten
	Programm	iersprachen. Sie	konnen verschiede	ne Softwarew	erkzeuge	e zur	Unter	stutzung der
5	Prüfunger	<u>ierung und der Fen</u>						
	Benotete N	/Iodulprüfung: Klaus	sur (180min)					
	Studienleis	stungen:	(/					
	(1) Erwerb	en eines Übungssc	heines zu Element 2					
	(2) Erwerb	en eines Ubungssc	heines zu Element 3					f
6	Die Studie Prüfungef	ormen und -leistu	(∠) sinu voraussetzu Ingen	ng iur die Tellh	anme an		uuipru	lung
	⊠ Modu	prüfung: Klausur		🗆 Teilleistun	g			
7	Teilnahme	evoraussetzungen						
	-keine-							
8	Modultyp	und Verwendbark	eit des Moduls	nde				
_	Madullar		jeweiligen oludieliga		akı -14 44			
9	Prof. Dr. G	uttragte/r ünter Rudolph		Lustandige F	akultat			

Modul: Allgemeine und anorganische Chemie (Vorlesung) für Physik

B.ScStudiengang: Physik						
Turnus	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand:		
Jährlich zum WS	1 Semester	1. Semester	6	180 h		

1	Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Allgemeine und anorganische Cher	nie / Zachwieja	V	6	4
2	Lehrverar	nstaltungssprache: Deutsch				
3	In der Vorlesung "Allgemeine und Anorganische Chemie" werden die wesentlichen Grundlagen folgender Themen behandelt: 1. Grundlagen der Stofftrennung, 2. Einführung in der Atomtheorie, 3. Stöchiometrie, 4. Chemische Reaktionsgleichungen, 5. Energieumsatz und chemische Reaktionen, 6. Elektronenstruktur der Atome, 7. Ionenbindung, 8. Kovalente Bindung, 9. Molekülgeometrie, 10. Flüssigkeiten und Feststoffe, 11. Lösungen, 12. Reaktionen in wässriger Lösung, 13. Reaktionskinetik, 14. Das chemische Gleichgewicht, 15. Säuren und Basen, 16. Säure-Base-Gleichgewichte, 17. Das Löslichkeitsprodukt, 18. Thermodynamik, 19. Elektrochemie, 20. Verwendung, Eigenschaften und Gewinnung der Elemente, 21. Verfahren und technische Geräte					
4	 Kompetenzen Durch die erfolgreiche Beendigung dieses Moduls sollte der/die Studierende in der Lage sein, Modellvorstellungen und grundlegende Konzepte der Anorganischen Chemie zu unterscheiden, gegeneinander abzuwägen und zu reflektieren; Konzepte der Chemie zu verallgemeinern, auf neue Problemstellungen anzuwenden und die erhaltenen Ergebnisse durch Vergleich mit experimentellen Beobachtungen kritisch zu hinterfragen; durch die Kenntnis der Eigenschaften von ausgewählten chemischen Elementen und ausgesuchter Verbindungen deren Bedeutung für Mensch und Umwelt einordnen zu können; Erkenntnisprozesse und Anwendungen der Chemie hinsichtlich ihrer gesellschaftlichen und historischen Bedeutung einzuordnen und Verbindungslinien zu anderen 					
5	Prüfunge Benotete I	n Modulprüfung: Klausur.				
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: Klausur	☐ Teilleistung			
7	Teilnahm keine	evoraussetzungen				
8	Modultyp Wahlpflich	und Verwendbarkeit des Moduls tmodul im Bachelorstudiengang Phy	sik			
9	Modulbea PD Uwe Z	l uftragte/r achwieja	Zuständige Faki Chemie	ultät		

Modul: Allgemeine und anorganische Chemie (Praktikum) für Physik

3.ScStudiengang: Physik						
Turnus	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand:		
Jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester	4	120 h		

1	Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Anorganisch-chemisches Praktikun	n / Zachwieja	Ρ	4	4
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhalte Im Anorganisch-chemischen Praktikum werden die Grundtypen anorganisch-chemischer Reaktionen (Säure-Base, Fällung, Redox und Komplexbildung) im Rahmen der Qualitativen und Quantitativen Analytik durchgeführt.					
4	 Kompetenzen Durch die erfolgreiche Beendigung dieses Moduls sollte der/die Studierende in der Lage sein, Modellvorstellungen und grundlegende Konzepte der Anorganischen Chemie zu unterscheiden, gegeneinander abzuwägen und zu reflektieren; Konzepte der Chemie zu verallgemeinern, auf neue Problemstellungen anzuwenden und die erhaltenen Ergebnisse durch Vergleich mit experimentellen Beobachtungen kritisch zu hinterfragen; durch die Kenntnis der Eigenschaften von ausgewählten chemischen Elementen und ausgesuchter Verbindungen deren Bedeutung für Mensch und Umwelt einordnen zu können; geeignete chemisch-analytische Methoden problemorientiert auszuwählen, Experimente unter Beachtung von Umwelt- und Sicherheitsvorschriften zu planen, durchzuführen, auszuwerten und schriftlich zu dokumentieren; Erkenntnisprozesse und Anwendungen der Chemie hinsichtlich ihrer gesellschaftlichen und historischen Bedeutung einzuordnen und Verbindungslinien zu anderen Wissenschaften aufzuzeigen. 					
5	Prüfungen Modulprüfung: testierte Versuche (unbenotet) Alle Informationen zur Modulprüfung werden im Praktikumsskript bekannt gegeben.					
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: testierte Versuche□ Teilleistung					
7	Teilnahmevoraussetzungen Das Modul "Allgemeine und anorganische Chemie (Vorlesung) für Physik" muss bestanden sein.					
8	Modultyp Wahlpflich	und Verwendbarkeit des Moduls tmodul im Bachelorstudiengang Phy	sik			
9	Modulbea PD Uwe Z	u ftragte/r /achwieja	Zuständige Faku Chemie	ultät		

Modul: Physik I (**PHY111)** (Mechanik, Grundlagen Thermodynamik und Hydrodynamik, Spez. Relativitätstheorie)

äh	nus rlich zum V	VS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1. Semester	C I 15	redits	Aufw a 450 h	and:
1	Modulet	ruktur						
I	Nr	Fler	nent / Lehrverar	nstaltung		Typ	Credits	SWS
	1	Phys	sik I: Integrierter k	Kurs: ie ein/e Dozent/in au	16		0	6
		der t	heoretischen und	d experimentellen Physik		v	5	0
	2	Übu	ngen zur Physik			Ü	6	4
	Lehrvera	nstaltu	ngssprache: D	eutsch				
	(Beschreil Anwendur Transform Bewegung Systemen Rutherford Schwingur und Grupp Erhaltungs Anwendur einfache L Eigenwert <u>Grundlage</u> Verteilung <u>Elemente</u> Transform Schreibwe Literatur: I Bd. 1: Med	oung d ngen (k ngen (k sgleic ; allger dstreuu ngen; (benges ssätze, ngen de ösung e und sfunkti <u>der Hy</u> natione eise. M. Alor chanik	er Bewegung im Kräfte, Kraftfelder n, Scheinkräfte), hung; konservativ neine Lösung de ing; freie und geo gekoppelte Schw chwindigkeit, Do Übergang zum s es Trägheitsmom en (eingehender Stabilität vgl. Phy <u>Thermodynamik</u> : onen; phänomen <u>drodynamik; spe</u> n, Minkowski-Dia nso, E. J. Finn, Fi	dreidimensionalen Raum r, Statik); allgemeine Bez allgemeine Integration de ve Kräfte und Energieerh es Zentralkraftproblems, L dämpfte harmonische Sch ingungen; Wellen in eine pplereffekt, Wasserwelle starren Körper; Trägheits nents; Drehimpuls des sta e Behandlung des Kreise vsik III); Kinetische Theorie des C nologische Thermodynam zielle Relativitätstheorie: ogramme, Energie und Im undamental University Ph	1); N ugs er e altu cosu hwii r D n); mo arre els e Gas hik; exp pul	Newton's systeme eindimen ung; Erha ung des ngunger imensior Mehrteile ment un en Körpe einschlie se; therm periment Is, Metrik ics I: Me	che Gesetze e (Galilei- sionalen altungssätze Keplerproble n; erzwunger n (einschließ chensysteme d Volumenin rs; Euler-Gle ßlich Träghe nodynamisch celle Grundla c und kovaria chanics; Ber	e und einfa in 2-Teilch ems; le lich Phaser e: allgemein tegration; itchungen u itstensor, e gen, Loren inte keley-Kurs
-	Kompeter Die Studie Gedanker Systeme v geeignete sie physik darauf anz Erweiterur	nzen erendei ngebäu wie geł Reduł	n lernen mit der M de und dessen h coppelte Schwing	Mechanik exemplarisch e istorische Entwicklung ke jungen, das Planetensyst	in e enn tem kan	erstes ko en. Sie l 1 oder de 1n. In de	nsistentes p ernen, wie m en starren Kö er Thermodyr	hysikalisch an komple orper durch aamik lerne

5 Prüfungen

Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Teilnahme an der Klausur zur Mitte der Vorlesungszeit. Die Details werden durch die Lehrenden zu Beginn der

_		
	Vorlesung bekannt gegeben.	
	Modulprüfung (Klausur 180min); die Note geht	nicht in die Bachelor-Gesamtnote ein.
6	Prüfungsformen und –leistungen	
	🗵 Modulprüfung: Klausur	□ Teilleistung
7	Teilnahmevoraussetzungen -keine-	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät Physik

Modul: Physik II (**PHY211)** (Klassische Elektrodynamik)

B.S	cStudien <u>g</u>	ang: Physik				
Tur Jäh	nus rlich zum SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 2. Semester	Credits 15	Aufwa 450 h	and
1	Moduletru	iktur				
•	Nr	Flomont / Lohrvorans	taltung	Typ	Crodite	SWIG
	1	Dhyoik III Integrierter	Kurai ia ain/a Dazant/ii		Oreuns	6
	1	aus der theoretische Physik.	en und experimentelle	n v n	9	0
	2	Übungen zur Physik II		Ü	6	4
2	Lehrverans	staltungssprache: Deu	ıtsch	_		
4	Klassische und Gaußs Funktion, el Kapazität, E Schaltunge Überblick ü Eigenschaft Eichinvariat Magnetfeld Gesetz, Ge Selbstinduk komplexe V und Tiefpas elektromagi und Vektorp Dipol; Strah Gleichunge Randbeding Ferromagne Literatur: J. University F	Elektrodynamik; Elektro ches Gesetz, Poisson-O lektrostatische Energie; Dielektrika; <u>der elektrisc</u> n mit Kondensatoren ur ber die magnetischen E ten des Magnetfeldes, F nz; Multipol-Entwicklung in Materie; <u>zeitlich verä</u> nerator, Elektromotor, in tion, RL-Schaltungen, T Viderstände und Amplituss, Schwingkreis, gekop <u>netische Wellen:</u> Versch botential, elektromagnet nlungscharakteristik, Syn n; <u>elektrische und magn</u> gungen an Materialgren etika, spontane Magnet D. Jackson, Klassische Physics II : Fields and V	<u>sstatik:</u> Coulomb'sches G Bleichung, Multipolentwic elektrische Felder mit R <u>he Strom:</u> Ohm'sches G nd Widerständen, Entlad rscheinungen; Biot-Sava Rotation, Ampere'sches G g, magnetischer Dipol; K <u>inderliche Felder:</u> Indukti nduktive Messung von M Fransformator, magn. En uden, Kirchhoff'sche Reg pelte Schwingkreise, be niebungsstrom, vollständ tische Wellen, freie eben nchrotronstrahlung; <u>rela</u> <u>netische Felder in Materi</u> zen; mikroskopische Mo isierung, Weiß' sche Ber e Elektrodynamik; M. Alo Vaves; Berkeley-Kurs E	Gesetz, Diversity klung, Pun andbedingu esetz, Kirch ung; <u>Magne</u> art' sches G Gesetz; Vel räfte auf ma onserschein lagnetfelden ergiedichte geln für Wed lasteter Tra lige Maxwel le Wellen, K <u>tivistische F</u> <u>e:</u> makroske delle, Claus eiche, Hyst nso, E. J. F Band 2: Elek	ergenz, Gau ktladung und ungen, Kond hoff'sche Re <u>etostatik:</u> allg esetz; differ ktorpotential gnetische D nungen, Far rn, Betatrom ; <u>Wechselstromkinsformator;</u> I-Gleichunge Gugelwellen, <u>Formulierung</u> opische Bes sius-Mosotti, erese. inn, Fundan ktrizität und l	Iß'scher Satz d Delta- densator und egeln, gemeiner entielle , Dipole, aday'sches , romkreise: reise, Hoch- en; skalares Hertz'scher <u>d der Maxwel</u> chreibung,
	Die Studier raum-zeit-a mathematis lernen sie n magnetisch als umfasse eine Vielzal verstehen, Jahrhunder	enden lernen mit der El bhängige Funktionen, a sch beschreibt und eige nit der durch Maxwell al en Erscheinungen eine ende Theorie aller physi nl von Anwendungen, ir die unsere technische U ts verändert haben	ektrodynamik ein physika Ilso Felder beschrieben v nständig berechnet. Anl ogeschlossenen Synthes erste "vereinheitlichte F ikalischen Erscheinunge nsbesondere von Appara Jmwelt entscheidend prä	alisches Sy wird. Sie ler hand der his se von elekt eldtheorie" n gesucht w iten und Ma igen und im	stem kenner nen, wie ma storischen E rischen und kennen, so v vird. Die Stu- schinen ker Laufe der 1	n, das durch in Felder ntwicklung wie sie heute denten lerne inen und 9. und 20.

In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.

5 Prüfungen

Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Teilnahme an der Klausur zur Mitte der Vorlesungszeit. Die Details werden durch die Lehrenden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben. Schriftliche benotete Modulprüfung (Klausur 180min).

6	Schriftliche benotete Modulprufung (Klausur 18 Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: Klausur	□ Teilleistung	
7	Teilnahmevoraussetzungen -keine-		
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik		
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät Physik	

Modul: Physik III (PHY311)

(Wellenphänomene, Ausgleichsphänomene und Analytische Mechanik)

B.ScStudiengang: Physik						
Turnus	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
Jährlich zum WS	1 Semester	3. Semester	15	450 h		

Modulstruktur

-						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Physik III: Integrierter Kurs; je ein/e Dozent/in aus der theoretischen und experimentellen Physik.	V	9	6	
	2	Übungen zur Physik III	Ü	6	4	
S		ataltungaangaha. Dautaah				

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Gekoppelte Schwingungen, Normalmoden, Eigenwertproblem. <u>Wellengleichung in mehreren</u> <u>Dimensionen und ihre Lösungen.</u> Fourier-Techniken. Membranen und Resonatoren. Besselfunktionen. Greenfunktionen. Interferenz und Beugung. Stehende Wellen, Schwebungen, Wellenpakete.

<u>Elektromagnetische Wellen, geometrische Optik und Wellenoptik:</u> Maxwellgleichungen in Dielektrika, Reflexion, Brechung, Fresnelformeln. Fermats Prinzip. Matrizenoptik, optische Geräte, Abbildungsfehler. Kirchhoffsche Beugungstheorie, Fraunhofer- und Fresnelbeugung. Beugung an vielen identischen Objekten. Strukturfaktor und Formfaktor. Kohärenz und Interferenz. Polarisation. Wellenleiter und Hohlraumresonatoren.

Ausgleichsphänome: Diffusionsvorgänge. Wärmeleitung.

Analytische Mechanik: D'Alembert-Prinzip. Lagrangefunktion und Lagrangegleichungen. Variationsrechnung, Euler-Lagrange-Gleichungen. Hamiltons Prinzip. Symmetrien und Erhaltungssätze. Hamilton-Formalismus, Phasenraum. Hamilton-Jacobi-Theorie. Nichtlineare Dynamik und Chaos. Lagrangeformalismus für Kontinuumsphänomene, Lagrangedichte. Der starre Körper; Drehimpuls und Trägheitstensor, Hauptträgheitsachsen und Stabilität, Theorie des Kreisels, Euler-Gleichungen und einfache Lösungen.

<u>Literatur:</u> Demtröder: Experimentalphysik 2, Sommerfeld: Optik, Born-Wolf: Principles of Optics, Jackson: Klassische Elektrodynamik, Goldstein: Klassische Mechanik, Kuypers: Klassische Mechanik, Marion: Classical Dynamics of Particles and Systems

4 Kompetenzen

Die Studierenden erkennen die Analogien und die Unterschiede zwischen Wellenphänomenen in verschiedenen Bereichen der Physik und beherrschen deren einheitliche theoretische Behandlung mit mathematischen Techniken, die auch für die Analyse diffusiver Prozesse benutzt werden. Sie können optische Phänomene im Rahmen der Strahlen- und der Wellenoptik analysieren und kennen die Grenzen beider Betrachtungsweisen. In der analytischen Mechanik überwinden sie die Einschränkungen des Kraftbegriffs und erkennen den Zusammenhang zwischen der Mechanik von Teilchen und der Dynamik von Feldern. Durch die Konzeption als integrierter Kurs beherrschen die Studierenden die unterschiedlichen Methoden der theoretischen und der experimentellen Physik und können diese in Anwendung auf konkrete Probleme miteinander kombinieren.

In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.

5 Prüfungen

Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Teilnahme an der Klausur zum Ende der Vorlesungszeit. Die Details werden durch die Lehrenden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben. Zwei mündliche benotete Modulprüfungen (je 30min) über Physik III und IV (exp./theor.) nach Physik IV

6	Prüfungsformen und –leistungen Modulprüfung: mündlich	□ Teilleistung
7	Teilnahmevoraussetzungen Eines der Module Physik I / II (PHY 111 / 211) Mathematik I / II muss ebenfalls bestanden seir	muss bestanden sein. Eines der Module Höhere ı.
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik	
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät Physik

Мо	dul: Grundpraktiku	um für Physiker I	/II (PHY341/441)				
B.S	cStudiengang:	Physik					
Tur Jäh	rlich zum WS	Dauer:Studienabschnitt:je 1 Semester3. bzw. 4. Semester		Credits jeweils 6	Aufwand jeweils 180h, davon 60 Präsenz und Prüfunger		
1	Modulstruktur						
1	4 SWS Praktik	rum und Finfü	hrungsvorlesung: die	Versuche	werden in	Kleinarunnen	
	durchaeführt und	l von erfahrenen	Assistenten hetreut	Versuorie		Reingruppen	
2	l ehrveranstaltu	ngssprache: De	utsch				
2	Lohrinhalto	igeoplaciter Be					
	Grundlegende ph die Messtechnik' gelernt. Es werden die no Arbeiten, zur Mes wobei methodisch den grundlegende Wärmelehre, Elek Radioaktivität). Di ergänzt, um mode Literatur: Es wird Versuchsanleitun Eichler, Kronfeld, Geschke, Physika Kohlrausch, Praktiku	ysikalische Expe werden grundleg twendigen prakti stechnik und zun e Gesichtspunk en Standardversi ktrizitätslehre, So ie grundlegenden erne Arbeitstechn ein Skript zur Ve gen auch Hinwei Sahm, Das Neu alisches Praktiku tische Physik 1-3 im der Physik (Te	erimente und Messmet gende Kenntnisse der I ischen Kenntnisse und r Datenanalyse an grun te im Vordergrund steh uchen der Experiments chwingungen, Optik un n Versuche werden du niken zu erlernen. erfügung gestellt, das r ise zur Versuchsvorbe e Physikalisches Grun m (Teubner 1998) 3 (Teubner 1996) eubner 1994)	hoden. In de Messtechnik Erfahrungen ndlegenden nen. Das Pra alphysik aus d speziellen rch einfache neben den ei reitung und <i>i</i> dpraktikum (er Vorlesung ' und der Date n zum experi Experimenter aktikum orient den Bereiche Physik (z.B. e, aktuelle Ver gentlichen Auswertung g (Springer 200	Einführung in enanalyse mentellen n erarbeitet, iert sich an en: Mechanik, Atomphysik, suche jibt.	
4	Kompetenzen Die Studierenden theoretische Kor experimentelle Te den Umgang mit wissenschaftliche Ergebnisse kritis wissenschaftlich z	a lernen physika nzepte im Expe echniken und Me Messunsicherhe n Arbeitsprozes och zu diskutie zu kommuniziere	lische Zusammenhäng eriment zu verifiziere essverfahren, sowie eir eiten zu verstehen. Di es sprachlich zu form ren. Sie lernen, im en.	ge zu verste en. Sie hat ofache Metho e Studiereno oulieren, zu Team zu	ehen und sind ben gelernt oden der Date den sind in d dokumentier arbeiten und	d in der Lage, grundlegende enanalyse und er Lage einen en und seine d miteinander	
5	Prüfungen Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Benotete mündliche Modulprüfung (30 min) über PHY341/441 am Ende von PHY441						
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: mündlich□ Teilleistung						
7	Teilnahmevoraussetzungen Eines der Module Physik I / II (PHY 111 / 211) muss bestanden sein. Eines der Module Höhere Mathematik I / II muss ebenfalls bestanden						
8	Modultyp und Ve Pflichtmodul im B	erwendbarkeit o achelorstudienga	les Moduls ang Physik				
9	Modulbeauftragt	er	Zuständ	lige Fakultä	t		
			Physik				
	Lehrende Alle Lehrenden de	er Experimentalp	bhysik				

Modul: Physik IV (**PHY411)** (Quantenmechanik: Methoden und Phänomene)

B S	-Studiena	ang. P	Physik					
		ang. r	Dauori	Studionabechnitt	Crodite	Aufa	and	
lähr	lich zum SS		1 Semester	1 Somostor	15	450 h	anu	
Jan		,	1 Oemestei	H. Oemester	10	430 11		
1	Modulstru	uktur						
	Nr.	Elem	ent / Lehrverans	staltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Physi	k IV: Integrierter	it/in V	9	6		
		aus	der theoretische	en und experimente	llen			
		Physi	k					
	2	Ubun	gen zur Physik I\	/	U	6	4	
2	Lehrverans	staltur	igssprache: De	utsch				
3	Lehrinhalt	e						
	Grundleger	nde Qu	antenphänomen	e und Methodik der Qu	Jantenmec	hanik, z.B.:		
	Schlüssele	xperim	ente zur Quanter	nphysik, mikroskopisch	ne Grenzen	der klassisch	en Physik.	
	Materiewell	en, wa	ahrscheinlichkeite	en und die Schrödinge	rgleichung.	. Mittelwerte ui	nd	
	Schwankun	igen, C	peratoren und E	igenfunktionen, Orts-	una impuis	darstellung.	aniaahar	
		Chanir	offekt WKR Näh	ion, sluckweise konsta	ante Poteni	lale und narmo		
	Messprozer		nmetrien und Erk	erung unu anuere app altungssätze. Zentrali		Drehimpule W		
	und Wasse	ss. Syi retoffäl	hnliche Systeme	Rewegung im elektro	magnetisch	on Fold Snin	1222121011	
	Drehimpule	additio	n Störungsrecht	Dewegung in elekiro	itabhängig	Ontische Übe	, Iraänae	
	Variationsn	rinzin	Identische Teilch	ien Zeemaneffekt St	arkeffekt F	einstruktur	igange.	
	vanauonsprinzip, iuenusone renonen, zeemaneneki, siarkeileki, reinstruktur, Hyperfeinstruktur Atomaufhau Hundsche Regeln Moleküle, chemische Rindung, einfache							
	Moleküle, sp3-Orbitale							
	Literatur: Cohen-Tannoudii et al: QM Schwabl QM Demtröder: Experimentalphysik 3							
				,		p = e p p		
4	Nompeter Die Studier einordnen u gesamte m als integrier theoretisch quantenme In den Übur Diskussion auch verba zu überprüf werden Hau	zen enden und der oderne rter Ku en und chanis ngen le in der I zu be en und usaufg	können die chara uten, sowie den f Physik essentie rs beherrschen d der experimente che Probleme mi ernen die Studier Gruppe einfache schreiben und Lö d an dem der Mits aben als Gruppe	akteristischen Phänom formalen Apparat der (llen Quantenphänome ie Studierenden die ur ellen Physik und könne iteinander kombinierer enden durch eigenstär physikalische System studierenden zu messe narbeiten von bis zu 3	nene der Qu Quantenme ene anwend nterschiedli en diese in n. ndiges Löse es sowohl fo en. Sie lerr en. Um die Studierend	uantenphysik e echanik sicher len. Durch die chen Methode Anwendung au en von Probler ormal-mathem nen dabei, ihre Teamarbeit zu den akzeptiert.	erkennen, auf die für die Konzeption en der uf men und atisch als n Lernerfolg u fördern,	
5	Prutungen Studienleist Hausaufgal Klausur zur Vorlesung k Zwei münd Physik IV	tungen ben un m Ende bekann liche be	als Zulassungsv d aktive Teilnahn e der Vorlesungs it gegeben. enotetete Modulp	oraussetzung: Regeln ne an den Übungen so zeit. Die Details werde prüfungen (je 30min) ü	näßige erfo owie erfolgr n durch die ber Physik	lgreiche Beart reiche Teilnahr e Lehrenden zu III und IV (exp	beitung der me an der u Beginn der b./theor.) nach	
6	Prüfungst	former	n und –leistun <mark>g</mark> e	en				
	🗵 Modu	lprüfu	ng: mündlich	🗆 Teille	eistung			
7	Teilnahme	voraus	ssetzungen					
1	Eines der M	/odule	Physik I / II (PH)	(111 / 211) muss bes	tanden seir	٦.		
	Eines der M	lodule	Höhere Mathem	atik I / II muss ebenfal	ls bestande	en sein.		
L								

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik 9 Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik 2 Zuständige Fakultät Physik

Modul: Grundbegriffe der Physik (PHY412a)

Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc., B.Ed. M.Ed.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
regelmäßg im SS	1 Semester	4 6. Sem. (B.Sc)	6	180 h		
		2 4. Sem (M.Sc)				

1	1 Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Т	Гур	Credits	SWS		
	1	Vorlesung	V	/	6	3		
2	Lehrvera	anstaltungssprache: Deutsch						
3	3 Lehrinhalte Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie: Antike Astronomie, Symmetrien, Atomismus und Elementenlehre in der Antike, das aristotelische Weltbild, Mittelalterliche Aristoteles-Kritik, Astronomie bis Kopernikus, Galilei, Kepler und die kopernikanische Revolution, die Begründung der experimentellen Methode, Physik zwischen Technik und Metaphysik (Francis Bacon; Descartes), Newtons Optik: Experimentelle Phänomene und ihre Ursachen, Newtons Principia: Masse, Kraft und Gravitation; "Regeln des Philosophierens", Raum und Zeit, Leibniz-Clarke-Debatte, die "lebendige Kraft", Energiebegriff, Energieerhaltung, Elektromagnetismus, Feldbegriff (Oerstedt, Faraday, Maxwell), Relativitätstheorie (Einstein). <u>Teil II: Von der probabilistischen Revolution zur</u> <u>Quantentheorie:</u> Laplace: Determinismus und Wahrscheinlichkeit. Probabilistische Revolution, Energie-Erhaltungssatz; Entropiebegriff und 2.Hauptsatz der Thermodynamik, Kinetische Theorie der Wärme, Maxwell und Boltzmann, Entropiesatz, Strahlungstheorie und Plancks "Akt der_Verzweiflung", Einsteins Lichtquantenhypothese, Rutherford-Streuung_und Bohrsches_Atommodell, Quantenmechanik von 1925/26: Heisenberg, Schrödinger, Born; Heisenbergs_Unschärferelation und Bohrs "Kopenhagener" Deutung; Bohr-Einstein-Debatte, EPR-Gedankenexperiment, Schrödingers Katze, Bohms verborgene Parameter und Everetts "Viele_Welten", Dekohärenz, Quantenmechanik und Thermodynamik, Welle-Teilchen-Dualismus. <u>Einführende Literatur:</u> Koestler, Die Nachtwandler; Hund, Geschichte der physikalischen Begriffe; Laue, Geschichte der Physik; Mason Geschichte der Physiker, Geschichte der Atomistik; Lange, Geschichte des Materialismus; Hunger, Von Demokrit bis Heisenberg; Sambursky, Der Wen der Physik; Scheibe. Die Philosonhie der Physiker: Weitere Angraben in der Vorlesung							
4	 Kompetenzen Die Studierenden erkennen die historischen Bedingungen, unter denen unser gegenwärtiges physikalisches Weltbild entstanden ist. Die Entstehung der Grundbegriffe, in denen das physikalische Weltbild formuliert wird (Raum, Zeit, Materie, Kausalität, Felder, Wahrscheinlichkeit, Quanten u.a.) wird erlernt. Im interdisziplinären Grenzbereich zwischen der Physik und der Philosophie (Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie) wird an diesem historischen Kontext gezeigt, wie physikalische Forschung begründet werden kann sowie wie physikalische Theorien aufgestellt und überprüft werden. Für einen etwaigen späteren Unterricht der Studierenden an Schulen oder Universitäten werden pädagogische Aspekte und Konnotationen vermittelt. Ziel der Veranstaltung ist, einen kompetenten und kritischen Umgang mit der Forschungsbegründung und –entwicklung zu 							
5	Prüfung	en						
	Studienle	eistung: Schriftliche Arbeit.						
6	Benotete mündliche Modulprüfung (30 min)							
Ø		lulprüfung: mündlich	🗆 Teille	eistung				
7	Teilnahn keine	nevoraussetzungen:						
8	Modulty Wahlmod	p und Verwendbarkeit des Moduls dul im Bachelorstudiengang Physik oder in	n Masters	studieng	ang Physik, V	√ertiefung Lehramt		
9	Modulbe Prof. W.	eauftragte/r Rhode	Zuständ Physik	lige Fak	ultät			

Modul: Grundbegriffe der Physik (PHY412b)

Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.)						
Turnus: regelmäßg im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 4 6. Sem. (B.Sc)	Credits 5	Aufwand 150 h		
• •		2 4. Sem (M.Sc)				

1	1 Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS	
	1	Vorlesung		V	5	3	
2	Lehrveran	staltungssprache: Deutsch					
3	3 Lehrinhalte Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie: Antike Astronomie, Symmetrien, Atomismus und Elementenlehre in der Antike, das aristotelische Weltbild, Mittelalterliche Aristoteles-Kritik, Astronomie bis Kopernikus, Galilei, Kepler und die kopernikanische Revolution, die Begründung der experimentellen Methode, Physik zwischen Technik und Metaphysik (Francis Bacon; Descartes), Newtons Optik: Experimentelle Phänomene und ihre Ursachen, Newtons Principia: Masse, Kraft und Gravitation; "Regeln des Philosophierens", Raum und Zeit, Leibniz-Clarke-Debatte, die "lebendige Kraft", Energiebegriff, Energieerhaltung, Elektromagnetismus, Feldbegriff (Oerstedt, Faraday, Maxwell), Relativitätstheorie (Einstein) . <u>Teil II: Von der probabilistischen Revolution zur Quantentheorie:</u> Laplace: Determinismus und Wahrscheinlichkeit. Probabilistische Revolution, Energie-Erhaltungssatz; Entropiebegriff und 2.Hauptsatz der Thermodynamik, Kinetische Theorie der_Wärme, Maxwell und Boltzmann, Entropiesatz, Strahlungstheorie und Plancks "Akt der_Verzweiflung", Einsteins Lichtquantenhypothese, Rutherford-Streuung und Bohrsches_Atommodell, Quantenmechanik von 1925/26: Heisenberg, Schrödinger, Born; Heisenbergs_Unschärferelation und Bohrs "Kopenhagener" Deutung; Bohr-Einstein-Debatte, EPR-Gedankenexperiment, Schrödingers Katze, Bohms verborgene Parameter und Everetts "Viele_Welten", Dekohärenz, Quantenmechanik und Thermodynamik, Welle-Teilchen-Dualismus. <u>Einführende Literatur</u> : Koestler, Die Nachtwandler; Hund, Geschichte der physikalischen Begriffe; Laue, Geschichte der Physik; Mason Geschichte der Naturwissenschaft; Lasswitz, Geschichte der Atomistik; Lange, Geschichte des Materialismus; Hunger, Von Demokrit bis Heisenberg; Sambursky, Der Weg der Deutore.						
4	Kompetenzen Die Studierenden erkennen die historischen Bedingungen, unter denen unser gegenwärtiges physikalisches Weltbild entstanden ist. Die Entstehung der Grundbegriffe, in denen das physikalische Weltbild formuliert wird (Raum, Zeit, Materie, Kausalität, Felder, Wahrscheinlichkeit, Quanten u.a.) wird erlernt. Im interdisziplinären Grenzbereich zwischen der Physik und der Philosophie (Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie) wird an diesem historischen Kontext gezeigt, wie physikalische Forschung begründet werden kann sowie wie physikalische Theorien aufgestellt und überprüft werden. Für einen etwaigen späteren Unterricht der Studierenden an Schulen oder Universitäten werden pädagogische Aspekte und Konnotationen vermittelt. Ziel der Veranstaltung ist, einen kompetenten und kritischen						
5	 Prüfungen Benotete mündliche Modulprüfung (30 min) 						
6	Prüfungsf ⊠ Modu	formen und –leistungen Iprüfung: mündlich	🗆 Teille	eistung			
7	Teilnahme keine	evoraussetzungen:					
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls I im Bachelorstudiengang Physik oder im	Masters	studienga	ng Physik		
9	Modulbea Prof. W. R	uftragte/r hode	Zustän Physik	ndige Fak	ultät		

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

Module: Seminar: Introduction to particle accelerator physics (PHY422)

Degree program: Physics (B.Sc.) and Medical Physics (B.Sc.)						
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load		
summer semester	1 semester	fourth to sixth sem.	3	90 h		

1	Module structure							
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours			
	1	seminar	S	3	2			
2		ae: English		•				
3	Content							
	The students will get familiar with the basics of accelerator physics. For this purpose, face to face lectures will be taught. The students will complement the lectures with their own research on a related proposed topic to be presented by the end of the seminar. In order to prepare this presentation additional material such as scientific papers or presentations will be provided. The Students thus acquire the skills in the field of accelerator physics through the following topics: History and applications of the accelerators Medical applications of accelerators How do accelerators work? Components of an accelerator: magnets, beam diagnosis, injection systems. Introduction to accelerator physic concepts: Longitudinal beam dynamics, phase focusing, Linear, transverse beam dynamics, transport matrices, twiss parameters, beam properties, Periodic Systems and Beam Stability and Chromatic effects, synchrotron radiation and applications, radiation effects Excursion: visiting an accelerator							
4	Learning The parti the mate and activ	g outcome cipants will carry out independent rese rial taught during the seminar. This v /ely discussed.	arch on the sug vork will be pre	gested topic sented to th	in order to complete ne other participants			
5	Examination Module examination							
6	Coursework and examination requirements Course work: active participation in the discussions following the lectures. Module examination: graded own presentation.							
7	Prerequ None	isites						
8	Module Elective	type module						
9	Respons	sible	Organization					
	Prof. A. Velez Department of Physics							

Module Semester 5 und 6

Мо	Modul: Seminar: Die Physik und Technik bei Star Trek (PHY513)							
B.S	cStudiengang:	Physik						
Tui	mus:	Dauer:	Studienabs	chnitt:	Credits	Aufwand		
jäł	rlich im WS	1 Semester	5. Sem. B.S	C.	3	90 h		
1	Modulstruktur							
2 SWS Seminar. Selbststudium und eigene Vorträge. Das Seminar besteht aus Präsentati								
-	der Studierenden zum Thema Physik und Star Trek							
2	Lehrveranstaltur	ngssprache: De	eutsch					
3	Die Physik und Te verglichen. Dabei Speichertechnolog Antriebstechnolog	echnik der Ferns geht es einerse gie und anderer jie aus dem Ber	sehserie "Star Tro its um konkrete t seits um physika eich der Relativit	ek" wird a echnisch lische Fr ätstheori	analysiert ur ne Entwicklu agestellungo e.	nd mit der Realität ngen wie etwa bei der en wie z.B. bei der		
4	Die Studierenden Festkörperphysik, "Star Trek" kenne erlernt, um die Ve	lernen die verso Teilchenphysik n. In diesem Se rmittlungskomp	chiedensten Geb , Relativitätstheo minar werden ab etenz der Studie	iete der l rie, Quai er auch (renden z	Physik wie e ntentheorie a ganz gezielt u stärken.	twa die anhand des Themas Präsentationstechniken		
5	Prüfungen Studienleistung: A Modulprüfung: Be	Aktive Teilnahme noteter eigener	e an den Diskuss Vortrag (30min +	ionen im · Diskuss	Anschluss a	an die Vorträge.		
6	Prüfungsforme I Modulprüfu	n und –leistung ng: eigener Vo	gen rtrag	[☐ Teilleistu	ng		
7	Teilnahmevorau s keine	ssetzungen						
8	Modultyp und Ve Wahlmodul im Ba	erwendbarkeit of chelor- und Mas	des Moduls sterstudiengang l	Physik				
9	Modulbeauftragt Capt. Tolan	er	Zu Ph	ständig ysik	e Fakultät			

Г

Modul: Seminar: Physik des Segelns (PHY515) Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) Studienabschnitt: Aufwand Turnus: Dauer: Credits iährlich im WS 1 Semester 3./4. Studienjahr 3 90 h 1 Modulstruktur 2 SWS Seminar. Selbststudium und eigene Vorträge. Das Seminar besteht aus Präsentationen der Studierenden zu Themen aus dem Bereich Physik des Segelns. 2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 3 Lehrinhalte: Experimentelle Methoden und theoretische Konzepte aus der Physik werden auf Themen rund um das Segeln, d.h. die Fortbewegung von Wasserfahrzeugen mit Windenergie, angewandt. Diese beinhalten u.a.: - Mechanik des Riggs - Aerodynamik - Stabilität von Yachten - Wetter- und Windsysteme - Wellen - Astronomische Navigation - Navigation der Polynesier - GPS - Funk - Radar - Regattasegeln - Seekrankheit 4 Kompetenzen Die Studierenden lernen, wie die verschiedensten experimentellen Methoden und theoretische Konzepte der Physik in einem spezifischen, angewandten Problemkreis zum Einsatz kommen und sich ergänzen. Daneben eignen sich die Studierenden auch Präsentationstechniken zur Wissensvermittlung und Diskussionstechniken an. 5 Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag 6 Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag □ Teilleistung 7 Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse der Physik I bis IV. 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik 9 Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät Prof. S. Khan, Prof. H. Päs Physik
Modul: Einführung in die Festkörperphysik (PHY521)

Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
jährlich zum WS	1 Semester	5. Semester	9	270 h

	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Einführung in die Festkörperphysik	V	6	4
	2	Übungen zur Einführung in die Festkörperphysik	Ü	3	2
2	Lehrverar	staltungssprache: Deutsch			
3	Lehrinhal Grundlage theoretiscl Symmetrie Elektroner Synchrotro Literatur: H Festkörpe	te en der Festkörperphysik, mit Schwerpunkt auf kr ne Ansätze und experimentelle Techniken. e und Struktur; Bindungen im Festkörper; Gitters n; Fast freie Elektronen: Bandstrukturen; Halbleit onstrahlung und Anwendungen. K. Kopitzki: Einführung in die Festkörperphysik; (rphysik; N. Ahscroft, N. Mermin: Solid state phys	istallinen S chwingung ter; Magne Ch. Kittel: E sics; Ibach-	ystemen; Pha en und Phon tismus; Supra Einführung in Lüth; Festkör	ànomenologie, onen; Freie aleitung. die rperphysik.
4	Kompeter Die Studie mikroskop die Symm elektroniso Umgang n möglichen elektroniso In den Ük Diskussior verbal zu überprüfer Hausaufga	nzen erenden kennen die wichtigsten Stoffklassen, und ischen Modelle zur Diskussion der relevanten P etrieklassen im Kristallbau, und deren Kenntnis chen Eigenschaften, die sich an den Kristallsymm nit dem Kristallbau ermöglicht den Zugang zum o Gitterschwingungen. Darauf aufbauend werden chen Struktur und moderne Verfahren zu deren h bungen lernen die Studierenden durch eigens in in der Gruppe einfache physikalische Systeme beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sin und an dem der Mitstudierenden zu messen. U	d können d hänomene als Ausgar metrien orie qualitativer n vertiefte I Berechnun ständiges L sowohl for Sie lernen Jm die Tea nden akzep	ie wichtigster verwenden. gspunkt für d entieren. Der Verständnis Kenntnisse zu g erworben. ösen von P mal-mathema dabei, ihren marbeit zu fö otiert.	۱ Hierzu zählen lie folgenden kompetente der ur roblemen und atisch als auch Lernerfolg zu ordern, werden
5	Prüfunge Studienleis	n stungen: Hausaufgaben			

Modulprüfung: Benotete Modulklausur (180 min).

Die bessere Modulnote von PHY521 und PHY522 geht mit einem Gewicht von 8

Leistungspunkten in die Bachelor-Gesamtnote ein, die schlechtere mit einem Gewicht von einem Leistungspunkt. Prüfungsformen und –leistungen 6 **Modulprüfung: Klausur** □ Teilleistung 7 Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik I-IV Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls 8 Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik 9 Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät Dekan/in Physik Physik

Modul: Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik (PHY522)

B.S	cStudieng	ang: F	Physik							
Turi	nus:		Dauer:		Studienabs	schnitt:	Credit	S	Aufwand	
jährl	lich zum WS	6	1 Semester		5. Semeste	r B.Sc.	9		270 h	
4	Madulatio									
1	Noauistri	Elom	ont / Lohnvor	anata	ltung			Tun	Cradita	SWS
	INF.	Element / Lenrveranstaltung			Тур	Credits	3003			
						v 	0	4		
	2	Ubun Elem	gen zur Einfü entarteilcheng	hrung hvsik	in die Kern-	- und		U	3	2
2	2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch									
3	 Lehrinhalte Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Detektoren in der Kern- und Teilchenphysik, Dosimetrie, Beschleuniger Kernphysik: Eigenschaften von Kernen, Kernmodelle (z.B. Tröpfchenmodell, Schalenmodell), Kernzerfälle, Kernfusion und –spaltung, Kernreaktoren Teilchenphysik: additive Quantenzahlen, Isospin, Quarkmodell, Diskrete Symmetrien (inkl. P-, CP-, und T-Verletzung), Eigenschaften von Leptonen, Quarks, Hadronen und Eichbosonen, CKM-Matrix, Schlüsselexperimente, Eigenschaften der fundamentalen Wechselwirkungen, Überblick über das Standardmodell der Teilchenphysik, aktuelles Forschungsprogramm der Teilchenphysik, Verbindung zur Kosmologie Literatur: T. Mayer-Kuckuck; "Kernphysik – Eine Einführung", B. Povh, K. Rith, C. Scholz, I Zetsche: Teilchen und Kerne – Eine Einführung in die physikalischen Konzente" W S (ik, nodell), inkl. P-, sonen, gen, im der Scholz, F ", W.S.C			
	Williams; "ľ Subatomar Elementary	Nuclea e Phys Partic	r and Particle sik", A. Das, 1 les", D.H. Per	e Phys Γ. Fert kins, "	ics", Η. Fr pel; "Kern- ι Hochenergi	auenfelde und Teilcl ephysik",	er, E.M. nenphysi Ch. Berg	Henley; ik", D. G ger; "Ele	"Teilchen u riffith; "Intro mentarteilch	nd Kerne duction to nenphysik
4	Die Studier Quantenme experiment einen Über Standardm Gebiet der In den Übu Diskussion auch verba zu überprüf werden Hau	zen enden echanil ellen N blick ü odell d Teilch ngen le in der I zu be fen und usaufg	kennen die G k zur Beschre Jethoden zum ber Kernphysi er Teilchenph enphysik. ernen die Stud Gruppe einfad schreiben und d an dem der aben als Grup	Grundla ibung n Nach ik, Rac nysik u dierend che ph d Lösu Mitstur ppenal	agen der Ke zahlreicher weis von Ke dioaktivität, nd über der den durch e nysikalische ingen zu pra dierenden z rbeiten von	ern- und T Phänome ern- und ⁻ Grundlag n aktuelle igenstäne Systeme äsentierel u messer bis zu 3 S	eilchenp reilchen en der K n Stand diges Lö sowohl n. Sie ler n. Um die Studierer	ohysik ur enden. S reaktione Cernener der Fors sen von formal-n nen dab e Teama nden akz	id können d Sie sind mit en vertraut, gie, das schung auf o Problemen nathematisc ei, ihren Lei rbeit zu föro ceptiert.	ie den haben dem und h als rnerfolg dern,
5 6	Prüfungen Studienleis Modulprüfu Die bessere Leistungspi einem Leis Prüfungs	tunger ing: Be e Modi unkten tungsp forme	n: Hausaufgab enotete Modull ulnote von PH i in die Bachel ounkt. n und –leistu	oen. klausu IY521 lor-Ge i ngen	ır (180 min) und PHY52 samtnote ei	2 geht mi n, die scł	t einem nlechtere	Gewicht mit eine	von 8 em Gewicht	von
7	⊠ Modu Teilnahme Kenntnisse	Iprüfu vorau aus P	ng: Klausur ssetzungen hysik I-IV, Exp	perime	entelle Übur	ngen I/II	□ Teille	istung		
8	Modultyp (Pflichtmodu	u nd Ve ul im B	erwendbarkei achelorstudie	it des ngang	Moduls Physik					
9	Modulbea ı Dekan/in P	u ftragt hysik	e/r		F	Zuständi g Physik	ge Faku	ltät		

Modul: Statistische Methoden der Datenanalyse / SMD A (PHY523a)

Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc.)					
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand	
regelmäßig im SS	1 Semester	4. Sem. (B.Sc.)	5	150 h	

1	Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS		
	4			N / . 1 ⁰ 1				
2	1 SMD A: voriesung mit Ubung (im SS) $ V+U = 5$ $ 2+1$							
2	Lenrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch							
3	 SMD A: Von Rohdaten zu einer Signal-Untergrund-Trennung: Numerische Methoden der Datenverarbeitung, Datenbehandlung und Programmierung, Algorithmen und Datenstrukturen, Methoden der linearen Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, ein- und mehrdimensionale Verteilungen, Zufallszahlen und Monte Carlo Methoden, Data-Mining Methoden: Diskriminanzanalyse, Hauptkomponenten- analyse, Feature Selection, Überwachtes Lernen (kNN, Decision Trees, Random Forests), MRMR, Unüberwachtes Lernen (Ensemble Lerner), Convolutional Neural Nets und andere. 							
4	Kompetenzen Daten werden heute in der Regel auf elektronischem Weg erhoben. Die Studierenden erlernen orientiert an der zeitlichen Abfolge einer Datenanalyse den geeigneten Umgang mit statistischen Methoden zur Analyse von moderaten bis zu sehr großen Datenmengen. Die Übungsaufgaben werden unter Einbeziehung von gängiger Software (auch) am Computer gelöst. In der Veranstaltung wird praktische Kompetenz In der Datenanalyse für die Erstellung von Abschlussarbeiten und die spätere Berufsausübung erworben.							
5	Prüfunge Studienle Modulprü bekanntg	en eistungen: Aktive Teilnahme an den Ü ifung: schriftlich oder mündlich. Die jegeben.	bungen Prüfun	von SM gsform v	ID A wird zu Anfa	ang des Semesters		
6	Prüfungs ⊠ Mod	sformen und –leistungen ulprüfung: schriftlich oder mündlic	h	🗆 Te	illeistung			
7	Teilnahmevoraussetzungen:Günstig: Programmierkenntnisse in einer geeigneten Sprache, z.B. Python;Empfohlen: Teilnahme an dem Toolbox-WorkshopDie Veranstaltung SMD A soll vor der Veranstaltung SMD B gehört werden.							
8	Modulty Wahlmod	p und Verwendbarkeit des Moduls dul im Bachelor- oder Masterstudienga	ang Phy	/sik				
9	Modulbe Prof. W.	e auftragte/r Rhode	Zustä Physik	ndige Fa	akultät			

Modul: Statistische Methoden der Datenanalyse / SMD B (PHY523b)

Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
regelmäßig im WS	2 Semester	5. Sem. (B.Sc)	5	150 h		

1	Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS		
			- 1					
	2 SMD B: Vorlesung mit Ubung (im WS) V+U 5 2+1							
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch							
3	Lehrinhalte							
4	SMD B: Von Meßdaten zu physikalischen Meßpunkten und Aussagen . Parameterschätzung, Optimierungsprobleme, Methode der kleinsten Quadrate, Maximum Likelihood-Methode, numerische Fitverfahren, Goodness-of-Fit, Regularisierung, Konfidenzintervalle und Hypothesentests, Parametrisierung von Daten, Bayes'sche Verfahren, Verfahren zur Lösung inverser Probleme und deren Evaluation, Validierungstechniken, Behandlung systematischer Fehler, Akzeptanzberechnung.							
4	Kompetenzen Daten werden heute in der Regel auf elektronischem Weg erhoben. Die Studierenden erlernen orientiert an der zeitlichen Abfolge einer Datenanalyse den geeigneten Umgang mit statistischen Methoden zur Analyse von moderaten bis zu sehr großen Datenmengen. Die Übungsaufgaben werden unter Einbeziehung von gängiger Software (auch) am Computer gelöst. In der Veranstaltung wird praktische Kompetenz In der Datenanalyse für die Erstellung von Abschlussarbeiten und die spätere Berufsausübung erworben.							
5	Prüfunge Studienle Modulprü bekanntg	en eistungen: Aktive Teilnahme an den Ü ifung: schriftlich oder mündlich. Die jegeben.	bungen Prüfun	von SM gsform v	D B vird zu Anfa	ang des Semesters		
6	Prüfungs ⊠ Mod	sformen und –leistungen ulprüfung: schriftlich oder mündlic	h	🗆 Te	illeistung			
7	Teilnahn	nevoraussetzungen:						
	Gunstig:	Programmierkenntnisse in einer geeig	gneten :	sprache	, z.B. Pythol	n;		
	Die Vera	nstaltung SMD A soll vor der Veranst	altuna S	MD B a	ehört werde	n		
8	Modulty	p und Verwendbarkeit des Moduls						
	Wahlmoo	ul im Bachelor- oder Masterstudienga	ang Phy	/sik				
9	Modulbe Prof. W.	a uftragte/r Rhode	Zustä Physik	ndige Fa	akultät			

Modul: Physik und Technik der Verifikation von Rüstungsbegrenzungsverträgen (PHY524)

Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich im WS	1 Semester	56. Sem. B.Sc. 14. Sem. M.Sc.	3	90 h		

1	Modulstruktur									
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS					
	1	1 Vorlesung V 3 2								
2	Lehrver	anstaltungssprache: Deutsch	I		I					
3	Lehrinha Nutzung Aktuelle/ einbezog Mit Einfü	alte der Physik für die Überprüfung der Einhalt /eigene Forschung für Verifikation und Sich gen. ihrung in Rüstungsbegrenzung und die Bed	ung von Rü erungsmaß deutung der	stungsbegre nahmen der Verifikation.	enzungsabkommen. IAEO wird					
4	Kompet Die Stuc technike vorgerec Bahnen Sensorte Bei den (Infrasch Raketen Bodense (akustisc Endlagen dafür sov Mit der Darstellu Behandlu Naturwis Fähigkei vermittel Frieden u Aufmerk der Natu	enzen dierenden lernen die physikalischen Grund n kennen, wobei elementare Formeln ab chnet werden. Bei den sog. nationalen te von Satelliten, optische Abbildung mit E echniken, Radar mit Radargleichung und Pr kooperativen Mitteln geht es um Kernstra nall, Unterwasserschall) Detektion von Ke behältern und zur Überwachung von ensoren. Aktuelle Forschung für neue Verif ch-seismischer Land- und Luftfahrzeugna rs, Edelgasdetektion). Den Abschluss bild wie politische Fragen zur Verifikation. Diskussion der Bedeutung der Verifikati ung der Verifikationsregeln und –techniken ung geschichtlicher Aspekte bei ihrem Z senschaft und Gesellschaft bzw. internation t. Die Studierenden erkennen die Bedeutu und erhalten einen Einblick in aktuelle natur samkeit für gesellschaftliche Aspekte der er urwissenschaftler/innen wird erhöht.	dlagen für o geleitet und chnischen I eugungsbe inzip der Ab hlungsnach rnexplosion Raketensta ikationstech chweis, Üb len aktuelle on für Rüs verschieder ustandekor naler Politik Rüstungsk ing der Nati	die verschied J Zahlenbeis Mitteln der N grenzung de bbildung mit s weis, seismi en, Technik arts, Kennz nnik wird an berwachung verhandlur tungsbegren ner Begrenzt nmen werde thematisier controlle und urwissenschaft un	denen Überprüfungs piele aus der Praxis /erifikation sind dies er Bildauflösung und synthetischer Apertur ische und akustische en zur Kontrolle vor eichen und Siegel Beispielen behandel eines unterirdischer agen und Vorschläge uzung allgemein, de ungsverträge und de en Bezüge zwischer t und interdisziplinäre d Abrüstung werder aft für Abrüstung und kationsforschung. Die nd die Verantwortung					
5	Modulpri	i en üfung: Benotete mündliche Prüfung (20 mi	n)							
6	Prüfun	gsformen und –leistungen								

	Modulprüfung: mündlich	☐ Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen					
	Grundkenntnisse der Physik (Physik I-I	V)				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des M	loduls				
	Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik und im Masterstudiengang Physik					
9	Modulbeauftragte(r)	Zuständige Fakultät				
	PD Dr. Jürgen Altmann	Physik				

Modul: Statistische Methoden der Datenanalyse 2 (PHY525)							
Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf im WS	1 Woche	5. Sem. (B.Sc)	3	90 h			
	Blockkurs	1. Sem (M.Sc)					

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	1	Vorlesung	V	3	Blockkurs		
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch						
3	 Lehrinhalte Aufbauend auf der Vorlesung "Statische Methoden der Datenanalyse" behandelt die Veranstaltung Coverage (frequentistische Vs. bayes'sche Konfidenzintervalle), Vertiefung der Methode der kleinsten Quadrate mit Schwerpunkt auf Anwendungen mit geringer Statistik und nicht a priori bekannten Varianzen, Anwendung multivariater Selektionsverfahren, Entfaltung mittels Density-Mixture Modellen und als Parametrisierungsproblem, Markov Chain Monte Carlo, Separation von Signal und Untergrund mittels sWeights, Event-by-event Effizienzen, harmonische Analyse und Lomb-Periodogramm, robuste Statistik. 						
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten weiterführende Einblicke in statistische Analyse von Daten, die auf der Vorlesung PHY523, "Statistische Methoden der Datenanalyse" aufbauen.						
5	Prüfunger Prüfungsle Teilnehme	n eistung: Schriftliche Modulprüfung (9 rzahl	0min) oder m	ündliche Mc	dulprüfung je nach		
6	Prüfungst ⊠ Modu	formen und –leistungen Iprüfung: schriftlich oder mündlich	🗆 🗆 Te	illeistung			
7	Teilnahme Erwünscht o.ä.)	evoraussetzungen: :: Programmierkenntnisse in einer ge	eigneten Sprac	che (FORTR	AN, C, JAVA, C++,		
8	Modultyp Wahlfach	und Verwendbarkeit des Moduls					
9	Modulbea Prof. W. F	uftragte/r Rhode	Zuständige F Physik	akultät			

M	Modul: Laserphysik (PHY526a)									
St	udiengang	: P	hysik (B.Sc./M.Sc	.), Medizinphy	sik (B.S	Sc./M	<u>.Sc.)</u>			
	I rnus:	_	Dauer:	Studienabsch	nitt:		Cre	dits	Aufwand	
jai	nriicn im vv	5	1 Semester	3./4. Studienja	nr		5		150 h	
1	Modulstr	ukt	ur							
	Nr. Element / Lehrveranstaltung				Тур	(Credits	SWS		
	1	1 Vorlesung V 5		3						
2	Lehrvera	nsta	altungssprache: [Deutsch						
3	Lehrinhal	te								
	Grundlag	en (der Licht-Materie-	-Wechselwirku	ng: Eig	enscl	hafter	n von Las	erstrahlung,	
	klassische	un	d quantenmechani	ische Beschreib	ung de	r Lich	t-Mat	terie-Wecl	hselwirkung,	
	Ratengleid	hu	ngen für optische A	Absorption und I	Emissio	n.				
	Laserphysik: Lichtverstärkung und Schwellenbedingung, Lasermedien und									
	Pumpmechanismen, Laser-Resonatoren, Erzeugung kurzer und ultrakurzer Lichtimpulse									
	Nichtlineare Optik: theoretische Grundlagen, optische Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, optisch parametrische Prozesse. Nichtlinearitäten dritter									
	Ordnung.	equ Zwe	einhotonen-Absorn	ition Selbstfoku	sche Fi Issierun	ozes:	5C, IN	ICHUMEAN		
	ordnung.				coloran	9				
4	Kompete Die Studi Laserstral Materie.	nze erei nlur	n nden erhalten Ein ng und der lineare	blicke in die pl en und nichtline	hysikali earen V	scher Vechs	n Gru selwir	undlagen kungsproz	der Erzeugung von zesse von Licht mit	
5	Prüfunge	n								
	Modulprüf	ung	g: Benotete mündlig	che Prüfung (30) min)					
6	Prüfungs	for	men und –leistun	gen						
	🗵 Modu	lpr	üfung: mündlich				Teille	eistung		
7	Teilnahm	evr	raussetzungen							
•	Grundken	ntn	isse Quantenphysi	k und Elektrody	namik					
8	Modultyp Wahlpflich	un tfa	d Verwendbarkei ch	t des Moduls						
9	Modulbea	auft	ragte/r		Zustä	ndige	e Fak	ultät		
	Prof. M. B	etz			Physil	٢				

M	Modul: Laserphysik (PHY526b)									
St	udiengang	: P	hysik (B.Sc./M.Sc	.), Medizinphy	sik (B.S	Sc./M	.Sc.)			
Τu	rnus:		Dauer:	Studienabsch	nitt:		Credi	ts	Aufwand	
jäł	nrlich im W	S	1 Semester	3./4. Studienja	hr		3		150 h	
4	N									
1	Modulstr		ur							
	Nr.	Ele	ement / Lehrverai	nstaltung		Тур	Cr	edits	SWS	
		. ,								
	1	Vo	rlesung			V	3		2	
2	Lehrvera	nsta	altungssprache: [Deutsch						
3	Lehrinhal	te			<u> </u>					
	Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung: Eigenschaften von Laserstrahlung,									
	Riassische	un	d quantenmechan	Sche Beschreib	ung dei	r Licn	t-Mate	rie-wec	nseiwirkung,	
	Ratengieicnungen tur optische Absorption und Emission.									
	Pumpmechanismen Laser-Resonatoren Erzeugung kurzer und ultrakurzer Lichtimpulse									
	Nichtlineare Optik: theoretische Grundlagen, optische Summen- und									
	Differenzfrequenzerzeugung, optisch parametrische Prozesse. Nichtlinearitäten dritter									
	Ordnung:	Zwe	eiphotonen-Absorp	tion, Selbstfoku	ssierun	g	,			
			-							
4	Kompete	nze	n 	hlinter in die u	hu na il na lit			ما م ما م ام	den F r - etternen tren	
	Lacoretral	erer	iden ernallen Ein	blicke in die pl n und nichtling	nysikalis Noron M	scher	1 Grun	ulagen	der Erzeugung vor	
	Materie	nun	iy unu der inteare			/ ecns		ingspro		
	materie.									
5	Prüfunge	n								
	Modulprüf	ung	: Benotete mündli	che Prüfung (30) min)					
_										
6	Prutungs	tori	men und –leistun	gen		_	Taillai	. .		
		lipr	utung: munalicn				lelle	stung		
7	Toilnahm		raussatzungan							
'	Grundken	ntni	sse Quantenphysi	k und Elektrodv	namik					
8	Modultvp	un	d Verwendbarkei	t des Moduls	· · ·					
-	Wahlpflich	ntfac	ch							
9	Modulbea	auft	ragte/r		Zustä	ndiae	e Faku	ltät		
-	Prof. M. B	etz			Physik	(

Mo	Modul: Seminar: Kernenergie und andere Energiefragen (PHY528)								
St	udiengang: P	hysik (M.Sc., B.So	c.), Medizinphy	vsik (M.S	Sc., B.Sc.)				
Tu	rnus:	Dauer:	Studienabsch	nitt:	Credits	Aufwand			
Be	ei Bedarf	1 Semester	3. Studienjahr	(B.Sc),	3	90 h			
			1./2. Sem (M.S	SC)					
1	Modulstrukt	ur.							
•	2 SWS Semi	nar. Selbststudium	und eigener Vo	ortrag.					
	, 3 3								
2	Lehrveranst	altungssprache:							
	Deutsch								
•									
3	Lehrinhalte	lor Korn und Book	torphysik Paut		Booktoron /	Nanakta dar			
	Reaktorsicher	rhait und Unfälla B	Rennstoffkreisla	uf Endl	a Reakioren, A	Aspekte del Zeaktorrückbau			
	Energiespeicher Aspekte anderer Energieformen Energieversorgung								
4	Kompetenzen								
	Das Semina	ar stellt eine E	inführung in	das Th	iema Kerner	nergie im Kontext der			
	Energieverso	rgung dar. Es we	rden insbesond	lere ver	schiedene As	pekte der Reaktorphysik			
	beleuchtet ur	nd miteinander in	Verbindung get	pracht. L	Die Einbettung	des Themas in aktuelle			
	Fragen stellt	die veranstattun	igen auch in i	einen g Präsent	esellschaftlich	en Kontext. Es werden			
		e selbsisianulye na	Scherche Sowie	riasein	allonsteennik	si geschuit.			
5	Prüfungen								
	Studienleistu	ngen: Aktive Teilna	ahme an den Di	skussion	en im Anschlu	uss an die Vorträge.			
	Modulprüfung	g: Benoteter eigene	er Vortrag zu eir	nem Sen	ninarthema	-			
6	Prüfungsfor	men und –leistun	gen						
		utung: eigener vo	ortrag			ing			
7	Teilnahmevo	praussetzungen							
	Kenntnisse P	hysik I – IV							
8	Modultyp un	d Verwendbarkei	t des Moduls						
	Wahlfach								
0	Madulhaast	we arte la		7		<u> </u>			
Э	Prof C Gößling								
		ing							
6 7 8 9	Prüfungsfor ⊠ Modulpr Teilnahmevo Kenntnisse P Modultyp un Wahlfach Modulbeauff Prof. C. Gößl	men und –leistun üfung: eigener Vo praussetzungen hysik I – IV d Verwendbarkeit tragte/r	gen ortrag t des Moduls	Zustän Physik	☐ Teilleistu dige Fakultät	ing t			

Мо	Modul: Teilchenphysik 1 (PHY529)								
Stı	udiengang:	Physi	k (B.Sc.), Mee	dizinphysik (B.S	Sc./M.S	c.)			
Tu	rnus:		Dauer:	Studienabsch	nitt:	Credits	6	Aut	fwand
nad	ch Bedarf in	ו WS	1 Semester	3. Studienjahr (B.Sc)	3		90	h
1	Modulstru	ktur							
	Nr. Element / Lehrveranstaltung				Тур	Credits		SWS	
1 Vorlesung V 3 2				2					
2	Lehrveran	staltur	ngssprache:						
	Deutsch oc	ler Eng	glisch						
3	Lehrinhalt	e		_ .	•				
	Grundlager	n der I	eilchenphysik,	, Feynmangraph	en, Sta	rke und e	elektroschwa	ache	9
	Vvechselwir	kung,	Quark-Parton-	-Modell, CKM-Ma	atrix un	d PIMINS.	-Matrix, Dete	ektol	ren,
	Schlussele	xperim allan T	ente una -koni Gilebonabygik	Zepte der Tellche	enpnysi	R, aktuel	ie Inemen (ler	Tan Quarka
	experimentellen Tellchenphysik, Physik des LnC, Z.B.: Physik Mit Bottom- und Top-Quarks								
	Materio								
	Materie								
4	Kompeten	zen							
	Die Vorles	sung g	gibt eine erga	änzende Einfüh	rung ir	n die K	onzepte un	d G	Grundlagen der
	Teilchenph	ysik, w	elche sich an	dem parallel daz	u stattfi	indender	Modul "Ein	führı	ung in die Kern-
	und Teilche	enphys	sik" (PHY522)	orientiert. Die do	ort verm	ittelten G	Grundlagen v	verd	den hier vertieft,
	um damit e	in bes	seres Verstän	dnis der modern	en Teil	chenphy	sik zu erziel	en.	Die Teilnehmer
	lernen anh	and vo	on konkreten l	Beispielen aktue	lle Fors	schungsa	arbeiten in o	liese	em Bereich der
	Physik ken	nen.							
F	Drüfungen								
5	Studienleis	ı tunaar	n keine						
	Benotete M	lodulor	rüfuna: schriftl	ich (2h) oder mü	ndlich i	e nach T	eilnehmerza	ahl	
	Bollocoto IV	louuipi	arang. commu		nanon j	o naon i	omformforze	41.11	
6	Prüfungsf	ormer	n und –leistur	ngen					
	🗵 Modul	prüfu	ng: schriftlich	n oder mündlich	1	🗆 Tei	lleistung		
7	Teilnahme	vorau	ssetzungen						
	Kenntnisse	Physi	k I – IV						
0	Modulture	und \/-		t doo Modula					
ð	Wahlfach	una ve	erwenabarkei	i des moduis					
	vvannaun								
9	Modulbea	uftract	te/r		Zustä	ndige Fa	kultät		
-	Dekan(in)	der Phy	ysik		Physik				
			,		<i>y</i> = 11				

Modul: Vorlesung Magnetismus (PHY5210V)Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)Turnus:Dauer:Studienabschnitt:CreditsAufwandjedes Semester1 Semester3./4. Studienjahr6180 h

1	Modulstruktur								
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS			
	1	Vorlesung		V	6	4			
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch							
3	 3 Lehrinhalte Grundbegriffe und Grundbausteine des Magnetismus: magnetische Momente, magnetische Felder, magnetische Suszeptibilität, Einteilung der magnetischen Stoffe. Magnetismus von Atomen/Ionen und Iokalisierte magnetische Momente: atomarer Diamagnetismus, atomarer Paramagnetismus, Einfluss vom Kristallfeld in Festkörpern. Magnetismus der Leitungselektronen: Landau Diamagnetismus, Pauli Paramagnetismus, Band Ferromagnetismus. Austauschwechselwirkung: direkter und indirekter Austausch, Superaustausch, Doppelaustausch, RKKY-Wechselwirkung. Heisenberg Modell und Hubbard Modell für die Beschreibung von magnetisch geordneten Materialien, magnetischen Ordnungsstrukturen und Phasenübergängen. Kollektiver Magnetismus: Ferromagnetismus, Antiferromagnetismus, Ferrimagnetismus, magnetische Anisotropie, magnetische Domäne, Spinwellen und Stoner Anregungen. 								
4	Kompeter Die Studi magnetisc Konzepte Funktions technolog	nzen erenden erhalten Einblicke in die p cher Materialien, und in die wichtigster auf konkrete physikalische Situation weise vieler Anwendungen im Ber ie verstehen.	ohysikalischen Gr n magnetischen Ph nen anwenden; zu eich der Informat	undlagen nänomen um Beisp ions- un	der Besc e. Sie könn biel können d Kommun	hreibung en diese Sie die ikations-			
5	Prüfunge Modulprüf	n jung: Benotete mündliche Prüfung (30	min)						
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: mündlich	🗆 Teille	istung					
7	Teilnahm Grundken	evoraussetzungen ntnisse Festkörperphysik und Quante	nmechanik						
8	Modultyp Wahlpflich	und Verwendbarkeit des Moduls htfach							
9	Modulbea Prof. Mirke	a uftragte/r o Cinchetti	Zuständige Faku Physik	ıltät					

Modul: Seminar Magnetismus (PHY5210S)Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)Turnus:Dauer:Studienabschnitt:CreditsAufwandjedes Semester1 Semester3./4. Studienjahr360 h

1	Modulstr	uktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS			
	1	Seminar		S	3	2			
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch							
3	Das Seminar beinhaltet Vorträge zu verschiedenen Themen, die für die aktuelle Forschung im Bereich Magnetismus relevant sind. Unter anderem: Messmethoden, Materialien und technologisch-relevante Effekte.								
4	Kompetenzen Das Seminar versteht sich als Ergänzung zur Vorlesung Magnetismus. Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Beschreibung magnetischer Materialien und in die wichtigsten magnetischen Phänomene. Sie können diese Konzepte auf konkrete physikalische Situationen anwenden, vor allem auf Gebieten, die aktuell im Schwerpunkt der Forschung im Bereich Magnetismus stehen. Zum Beispiel können sie die Funktionsweise vieler Anwendungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie verstehen.								
5	Prüfunge Modulprüf	n fung: eigener Vortrag							
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: mündlich	🗆 Teille	istung					
7	Teilnahm Grundken Magnetisr	evoraussetzungen ntnisse Festkörperphysik und Qua nus PHY5210V .	ntenmechanik, Te	eilnahme	an der V	orlesung			
8	Modultyp Wahlpflich	und Verwendbarkeit des Moduls htfach							
9	Modulbea Prof. Mirke	a uftragte/r o Cinchetti	Zuständige Faku Physik	ultät					

Modul: Materials for Nanoelectronics and High-Speed Quantum Electronic Devices (**PHY5211**)

Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.)									
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand					
jährlich im WS	1 Semester	3. Studienjahr (B.Sc), 1./2.	5	150 h					
		Sem (M.Sc)							

1	Moduls	struktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS			
	1	Vorlesung.		V	3	2			
		Selbststudium und eigener Vortrag.		S	2	1			
2	Lehrve	ranstaltungssprache: Englisch oder Do	eutsch						
3	Lenrinnalte In der Vorlesung "Materialien für die Nanoelektronik und Hochgeschwindigkeits- Quantenelektronikbauelemente" werden die wesentlichen Grundlagen folgender Themen behandelt: 1.Überblick über die wichtigsten Materialsysteme und deren Anwendung in nanoelektronischen Bauelementen; 2.Transportmechanismen in Quantenelektronischen Bauelementen, wie resonanten Tunnelstrukturen; 3.Grundlagen und Anwendungen der Rauschspektroskopie; 4.Eigenschaften von Festkörperstrukturen in verschiedenen Dimensionen und Informationstechnologien; 5. Fortschrittliche Nanostrukturen auf Basis biokompatibler Materialien für Hochgeschwindigkeits-Biosensoren								
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die Grundlagen der Nanotechnologie: Nanostrukturen, Mikro- und Nanoherstellung von Strukturen und deren Anwendungen. Die Studierenden lernen den Stand der Forschung in den Gebieten Anwendung von Rauschspektroskopie zur Erforschung der Transporteigenschaften von elektronischen Nanobauelementen. Die relevanten Konzepte des Forschungsgebiets werden dargestellt, methodisch untermauert und an Beispielen illustriert.								
5	Prüfun Studier Modulp	i gen nleistungen: Aktive Teilnahme an den Dis rrüfung: Benoteter eigener Vortrag zu eir	skussior nem The	nen im A ema aus	nschluss an d der aktuellen	lie Vorträge. Forschung.			
6	Prüfun ⊠ Mo	igsformen und –leistungen odulprüfung: eigener Vortrag		🗆 Tei	lleistung				
7	Teilnah Kenntn	n mevoraussetzungen isse aus Einführung in die Quanten- und	Festkö	rperphys	sik				
8	Modult Wahlm	t yp und Verwendbarkeit des Moduls odul im Bachelor-oder Masterstudiengar	ng Physi	ik					
9	Modull Prof. S.	beauftragte/r .Vitusevich	Zustär Physik	ndige Fa	ıkultät				

Modul: Literaturseminar Attosekundenmetrologie (PHY5214)

Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf im WS	1 Semester	5.–6. Sem. (B.Sc)	3	90 h			
oder SS		1.–4. Sem. (M.Sc)					

1	Modulstr	uktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS			
	1	Seminar	S	3	2			
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch						
3	 Lehrinhalte Wir besprechen zusammen jede Woche eine grundlegende oder aktuelle Veröffentlichung eines bekannten wissenschaftlichen Journals wie <i>Science</i> und <i>Nature</i> aus dem Gebiet der Attosekunden- oder Röntgenphysik. Auch wenn diese Artikel durchweg interessant sind, sind sie doch auch typischerweise sehr kompakt gehalten und dadurch oft nicht leicht zu verstehen. Unsere gemeinsame Diskussion im Journal-Club verspricht einen angenehmeren (ersten?) Zugang zur Fachliteratur als das einsame Studium daheim. 							
4	Kompetenzen Ein Student stellt am Anfang des Seminars den jeweiligen Artikel kurz vor (mit Folien, an der Tafel, mit Tischvorlage), anschließend wird darüber in der gesamten Runde diskutiert. Ziel ist die Entwicklung eines tiefergehenden Verständnisses der beschriebenen Zusammenhänge und das Herausbilden einer selbständigen Herangehensweise ans Fachliteraturstudium. Auch wissenschaftliche Fragen, die nicht in direkten Zusammenhang mit dem Artikel stehen, können jederzeit behandelt werden. Für eine ergiebige Diskussion sollten auch die nicht vortragenden Teilnehmer den Artikel schon vor dem Seminar studiert haben.							
5	Prüfunge Modulprüf	n jung: Benoteter eigener Vortrag bei de	er Vorstellung d	ler Veröffent	lichung.			
6	Prüfungs ⊠ Modı	sformen und –leistungen ulprüfung: Eigener Vortrag	🗆 Te	eilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse in Optik und Laserphysik.							
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik, Medizinphysik oder im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik							
9	Modulbea JunProf.	auftragte/r W. Helml/Prof. S. Khan	Zuständige F Physik	akultät				

Mo	odul: Seminar Ph	otovoltaik (PHY	(5216)					
St	udiengang: Phys	ik (B.Sc, M.Sc), Medizinph fikats Nachh	nysik (B.S	c., M.	Sc.), St	udierende an	nderer
Tu na	rnus: ch Bedarf im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabs 5. Sem. (B. 1. Sem. (M.	Studienabschnitt: 5. Sem. (B.Sc) 1. Sem. (M.Sc)		Credits	Aufwand 90 h	
1	Modulstruktur							
	Nr. Element / Lehrveranstaltung Ty		p (Credits	SWS			
	1 Semin	ar		S		3	2	
2	Lehrveranstaltu	ngssprache: De	utsch					
	der technischen Umsetzung diskutiert. Insbesondere für fachfremde Studierende werden auch Vorträge zu aktuellen, politisch diskutierten Themen wie intelligente Stromnetze angeboten. Konkret ist eine Behandlung folgender Themen angedacht: - optische Eigenschaften konventioneller Halbleiter - Dotierung, p-n- und p-i-n-Übergänge - solare Strahlung, Schottky-Queisser-Limit - Design realer Solarzellen, Optimierung des Füllfaktors - Multi-Junction-Solarzellen - Beschichtungen und Nanostrukturierung: Optimierung des Wirkungsgrads - Solarzellen aus organischen Halbleitern - neuartige Solarzellen: Dünnschichtsolarzellen, Perovskite - kommerzielle Aspekte der Photovoltaik - Herausforderungen und Chancen der Integration von Solarstrom in die bestehende Strom netzinfrastruktur							
4	Kompetenzen Die Studierende Wirkungsweise n werden in den Ko	n wenden die noderner Solarze ntext nachhaltige	Konzepte o ellen und der r Technologie	der moder ren Optimie en und erne	nen H erung z uerbare	lalbleiterp zu verstel er Energie	hysik an, un nen. Diese Th eformen eingel	n die nemen bettet.
5	Prüfungen Modulprüfung: be	noteter Seminar	vortrag					
6	Prüfungsformer ⊠ Modulprüfu	n und –leistunge ng: mündlich	en	[] Teille	eistung		
7	Teilnahmevorau Für eine Reihe vo Festkörperphysik	ssetzungen on Themen sind bzw. Struktur de	Grundkenntn r Materie) erf	isse in der orderlich.	Festkö	rperphysi	k (Einführung	in die
8	Modultyp und Ve Wahlmodul in der	erwendbarkeit d n Studiengängen	l es Moduls der Fakultät	Physik; Wa	ahlmodu	ul im Zerti	fikat Nachhalti	igkeit
9	Modulbeauftrag Dekan(in) der Fal	t e/r kultät Physik		Zuständi Physik	ge Fak	ultät		

Modul: Streumethoden in der Festkörperphysik (PHY5217)

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

1	Modulstr	uktur			
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	5	2
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch			
3	 Lehrinhalte Die Vorlesung deckt die wichtigsten Aspekte der Physik kristalliner Halbleiter ab. Zudem werden einige zentrale Halbleiterbauelemente diskutiert. Konkret werden die folgenden Themen behandelt: Streuung: Wiederholung Erzeugung von Synchrotronstrahlung Röntgenstreuung: Grundlagen Röntgenstreuung an Oberflächen und Grenzflächen Röntgenabsorptionspektroskopie Freie Elektronenlaser Erzeugung von Neutronen Besonderheiten der Neutronen- und Vergleich mit Röntgenstreuung Kleinwinkelstreuung mit Neutronen und Röntgenstrelung 				
	Die Vorles Elements Introductic X-ray and X-ray scat X-Ray Diff	ung orientiert sich hierbei an den Büc of modern X-ray physics, J Als-Nielse on to the Theory of Thermal Neutron S neutron reflectivity: principles and app tering from soft-matter thin films: M To fraction Modern Experimental Techniq	hern: n, D McMorro cattering, G. I blications:J Da blan ues: Oliver Se	w Squires aillant, A Giba eeck, Bridget	ud Murphy
4	Kompetenzen Die Studierenden können die Konzepte der modernen Streumethoden anwenden, um die Wirkungsweise moderner Röntgen und Neutron Streumethoden um die Physik von Festkörper zu verstehen. Zudem lernen die Studierenden Konzepte, um die Eigenschaften von Streumethoden zu beschreiben und einzusetzen Probleme aus der Festkörperphysik zu lösen.				anwenden, um die nysik von Festkörper Eigenschaften von rperphysik zu lösen.
5	Prüfunge Modulprüf	n ung: mündliche Prüfung			
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: mündlich	ПΤ	eilleistung	
7	Teilnahm Grundken Materie)	evoraussetzungen ntnisse in der Festkörperphysik (Einfü	hrung in die F	estkörperphy	sik bzw. Struktur der
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls			
9	Modulbea PD Dr. Bri	auftragte/r dget Murphy	Zuständige Physik	Fakultät	

Modul: Thermodynamik und Statistik (PHY531)

B.ScStudiengang: Physik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich im WS	1 Semester	5. Semester	9	270 h		

	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Thermodynamik und Statistik	V	6	4	
	2	Übungen zur Thermodynamik und Statistik	Ü	3	2	

3 Lehrinhalte

Der bewusst von der Statistik abgetrennte Thermodynamik-Teil dient als Beispiel für eine phänomenologische Theorie; der statistische Teil enthält Grundlagen der klassischen und der Quantenstatistik. Zu beiden Teilen gibt es Anwendungen.

Thermodynamische Systeme; extensive und intensive Größen; die Hauptsätze, ideales Gas, Carnot-Prozess, Wirkungsgrad, Wärmekraftmaschinen. Thermodynamische Potentiale und Relationen, Thermodynamik bei veränderlicher Teilchenzahl. Phasendiagramme,

Phasengleichgewicht. Van-der-Waals-Gas. Mehrstoffsysteme. Massenwirkungsgesetz. Osmotischer Druck. Optional: Thermodynamik in äußeren Feldern.

Makroskopische Systeme, Wahrscheinlichkeitsbegriffe, Argumente für eine statistische Beschreibung. Dichteoperatoren für Gleichgewichtsgesamtheiten. Definition der Entropie in der Statistik, Relation zur Thermodynamik. Mikrokanonische, kanonische, großkanonische Gesamtheiten und ihre Äquivalenz. Fluktuationen. Besetzungszahldarstellung mit Anwendung auf die idealen Fermi-und Bose-Gase, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren, Pseudobosonen, Planck'sches Strahlungsgesetz. Optional: Übergang von der Quantenstatistik zur klassischen. Anwendungen: Klassische Virialentwicklung. Magnetische Momente, Magnetismus. Molekularfeld und Variationsprinzip. Ising-Modell. Landau-Theorie der Phasenübergänge. Kritische Exponenten und Skaleninvarianz. Ginzburg-Landau-Theorie. Renormierungsgruppe. Störungsrechnung in der Quantenstatistik. Lineare Antwort, Dissipations-Fluktuationstheorem.

Literatur: Landau-Lifschitz Bd.V; K. Huang: Statistical Mechanics. Vorlesungsskripte Dortmunder Dozenten.

4 Kompetenzen

Die Studierenden können die charakteristischen Phänomene der Thermodynamik erkennen, einordnen und deuten, sowie deren formalen Apparat beherrschen und anwenden. Gleiches gilt für die statistische Untermauerung der Thermodynamik. Die Studierenden verstehen insbesondere, dass erst durch die Quantenstatistik die Paradoxa und Unzulänglichkeiten der Thermodynamik und der klassischen Statistik überwunden werden konnten.

	In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und					
	Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als					
	auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren					
	Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mits	studierenden zu messen. Um die Teamarbeit				
	zu fördern, werden Hausaufgaben als Grupper	narbeiten von bis zu 3 Studierenden				
	akzeptiert.					
5	Prüfungen					
	Studienleistungen: Hausaufgaben; Modulprüft	ung: Benotete Klausur (180min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen					
7	Teilnahmevoraussetzungen					
	Kenntnisse aus Physik I bis IV					
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls					
	Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik					
9	Modulbeauftragte/r	Zuständige Fakultät				
	Dekan Physik	Physik				

Modul: Gruppentheorie in der Physik I (PHY533)

B.ScStudiengang: Physik, M.ScStudiengang Physik					
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand	
zweijährig	1 Semester	56. Sem. (B.Sc)	6	180 h	
		13. Sem (M.Sc)			

1	Moduls	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS			
	1	Vorlesung mit Übung	V+Ü	6	2 + 2			
2	2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch							

3 Lehrinhalte

Grundlagen der Gruppentheorie und Lie-Gruppen, mit Anwendungen insbesondere in der Elementarteilchenphysik: Symmetrien in der Quantenmechanik; Grundbegriffe der Gruppentheorie (Definition, diskrete Gruppen, die Permutationsgruppe S_n, Nebenklassen, Faktorgruppe, Untergruppen); Darstellungen von Gruppen (reduzible und irreduzible Darstellungen, Schur'sches Lemma); die Drehgruppe, SO(3) und SU(2) (Drehimpulsalgebra, irreduzible Darstellungen, Tensoroperatoren, Wigner-Eckart-Theorem); allgemeine Struktur der Lie-Algebren (Cartan-Algebra, Wurzeln und Gewichte); die Gruppe SU(3) (Darstellungen, Quark-Modell); Tensormethoden und Young-Tableaux; Dynkin-Diagramme und Klassifikation der halb-einfachen Liegruppen, Bezug zu vereinheitlichten Feldtheorien (SU(5)), und zum Quarkmodell (SU(6)).

<u>Literatur:</u> H Georgi: Lie Algebras in Particle Physics, Reading, Mass. 1982; Wu-Ki Tung, Group Theory in Physics, Singapore 1985; D. B. Lichtenberg, Unitary Symmetry and Elementary Particles, New York 1970.

4 Kompetenzen

Die Studierenden lernen, wie man das grundlegende Konzept einer Symmetrie der Natur mathematisch erfaßt. Sie lernen, die bereits in der Quantenmechanik und in den experimentellen und theoretischen Einführungen in die Elementarteilchenphysik heuristisch benutzten Symmetriekonzepte und

die entsprechenden algebraischen Konstrukte in ein mathematisches Gebäude einzuordnen. Sie lernen neue Formen möglicher Symmetrien kennen. Sie lernen, wie man daraus allgemeinere Hypothesen oder Theorien konstruieren kann, so wie sie in der modernen Elementarteilchenphysik eine zentrale Rolle spielen.

5 Prüfungen

Klausur (120 min) oder mündliche Modulprüfung (30 min)

6	Prüfungsformen und –leistungen
	Modulprüfung: Klausur oder mündlich

□ Teilleistung

7	Teilnahmevoraussetzungen				
	Kenntnisse aus Physik IV empfohlen				
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls				
	Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oc	ler im Masterstudiengang Physik.			
9	Modulbeauftragte(r) Zuständige Fakultät				
	Dekan/in Physik	Physik			

Modul: Einführung in die Quantenfeldtheorie der Elementarteilchen (PHY534)

Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
nach Bedarf	Blockkurs	3. Studienjahr (B.Sc), 1./2.	3	60 h		
		Sem (M.Sc)				

1	Modulstr	uktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung		V	3	22 h Block
2	Lehrvera English	nstaltungssprache:				
3	 Lehrinhalte Classical Field Theory : Hamilton-Jacobi theory of fields in the Minkowski space, Lagrange formalism, Poissonbrackets, energy-momentum tensor, Noether theorem in CFT, internal charges, equations of motion, all classical fields of the Standard Model with and without spin Canonical Quantization of Scalar Fields: commutation relations, creation and annihilation operator representations, quantized Hamiltonian, normal ordering, charged scalar fields, charge and number density operators Greens Functions: general time ordering and T* ordering, scalar propagators in Minkowski space Path Integral Quantization: quantum mechanical path integral and examples, QFT path integrals, perturbative treatment by functional derivative, interacting scalar fields, derivation of Feynman rules Fermion Fields: functional quantization of the Dirac field, anti-commutators, gauge-phase transformation, properties of Grassmann variables, fermionic path integral for free Dirac fields, derivation of Green's functions Yang-Mills Fields: derivation of gauge invariance for general non-Abelian groups, Faddeev-Popov formalism WT-identities and BRS Formalism: path-integral derivation of Ward-Takahashi identities, the BRS-formalism of Yang-Mills QFTs and the implementation of gauge-phase invariance in the quantized case 					
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten erste Einblicke in grundlegende Aspekte der relativistischen Quantenfeldtheorie der verschiedenen Teile des Standard Modells der Elementarteilchen von der Problemstellung bis hin zu den Bausteinen für konkrete Berechnungen.				der relativistischen mentarteilchen von	
5	Prüfunge Modulprüf	n ^j ung: Benotete mündliche Prüfung (30	min)			
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: mündlich		🗆 Tei	lleistung	
7	Teilnahm Quantenm	evoraussetzungen nechanik, 50% der Punkte bei den Uel	bungsa	ufgaben		
8	Modultyp Wahlfach	und Verwendbarkeit des Moduls				
9	Modulbea Prof. J. Bl	auftragte/r ümlein	Zustä i Physik	ndige Fa	kultät	

Modul: Kosmologie, Quantenkosmologie, Gravitationswellen (PHY535)

Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
nach Bedarf	1 Semester	3. Studienjahr (B.Sc), 1./2.	9	270 h		
		Sem (M.Sc)				

1	Modulstru	ıktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур)	Credits	SWS	
	1	Vorlesung	V +	Ü	9	4+2	
2	2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch						
3	Lehrinhalte Gravitation und Robertson-Walker-Metrik, Thermische Entwicklung im Universum , Primordiale Nukleosynthese, Rekombination, Strukturentstehung, Baryogenese, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Inflation, Gravitationswellen, Quantenkosmologie						
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die Grundlagen der Kosmologie und erlernen Grundkenntnisse, wie wichtige Prozesse im frühen Universum beschrieben und Vorhersagen berechnet werden und, Prozesse wie Erzeugung der Dunklen Materie, der Baryonasymmetrie oder die Inflation beschreiben und analysieren zu können.						
5	Prüfungei Modulprüft	n ung: Benotete mündliche Prüfung (30	min)				
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Iprüfung: mündlich		l Tei	lleistung		
7	Teilnahmevoraussetzungen Quantenphysik, Thermodynamik und Statistik, KET, Allgemeine Relativitätstheorie					stheorie	
8	Modultyp Wahlfach	und Verwendbarkeit des Moduls					
9	Modulbea Prof. H. Pä	uftragte/r as	Zuständig Physik	je Fa	akultät		

Mo	Iodul: Seminar: Physik und Philosophie der Zeit (PHY536)							
St Tu na	udiengang Irnus: ch Bedarf	<u>j: Physik und M</u> Dauer: 1 Semester	edizinphysik (M.Sc. Studienabschn 3. Studienjahr (E Sem (M.Sc)	, B.Sc.) i itt: 3.Sc), 1.	2.) Credits 1./2. 3			Aufwand 90 h
1 Modulstruktur								
	Nr.	Element / Lehr	veranstaltung		Тур	Cred	lits	SWS
	1	Seminar			S	3		2
2	Lehrvera	nstaltungssprac	:he: Deutsch					
3	Lehrinhalte Philosophie der Zeit: Zeit als kulturelles Phänomen, Platon, Aristoteles, Augustinus, Leibniz, Newton, Kant Zeit in der modernen Physik: Thermodynamik, Relativitätstheorie, Quantenmechanik, Quantenkosmologie, Neurologie und Psychologie der Zeitwahrnehmung							
4	Kompete Die Studie zu definie reflektiere	nzen erenden erhalten ren und lernen im n und besser zu	Einblicke in die Prob Dialog mit er Philoso verstehen sowie offe	olematik ophie, pl ene Fraç	ein fu hysika gen zi	undament alische Ze u identifiz	tales ł eitbeg eren.	Konzept wie die Zeit riffe zu hinterfragen,
5	Prüfunge Modulprüf	n [[] ung: Benoteter e	igener Vortrag (30 m	nin)				
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag□ Teilleistung							
7	Teilnahm Physik 1+	evoraussetzung 2	jen					
8	Modultyp Wahlfach	und Verwendb	arkeit des Moduls					
9	Modulbea Prof. H. P	auftragte/r äs		Zustäi Physik	ndige	e Fakultä	t	

Мо	dul: Grupp	entheor	ie in der Physi	k II (PHY537)				
B.S Tur zwe	cStudien nus: ijährig	gang: P	Physik, M.Sc Dauer: 1 Semester	Studiengang Studiena 56. Sem 13. Sem	Physik bschnitt I. (B.Sc) I (M.Sc)	: Cre 5	edits	Aufwand 150 h
1	Modulstr	uktur						
	Nr.	Eleme	nt / Lehrvera	nstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Vorles	ung mit Übung	J		V+Ü	5	2 + 1
2	Lehrveran	staltun	gssprache: [Deutsch oder E	nglisch			
4	Virasoroal Conformal Kritische E Literatur: D Fradkin, Pa Kompeter Die Studie verschiede Zusammer Umgang m Sie lerner Elementar	gebra, z Towers xponen Di Franc alchik. C izen erenden enen Be nhang z nit unene n neue teilchen	entrale Erweite . Berechnung ten. Minimale eso, Pierre Ma Conformal Qua lernen, wie ereichen der u den bereits a dlichdimension Formen mög als auch in de	erung von Alge der Korrelation Modelle. hthieu, David S ntum Field The das grundleg theoretischen aus der Therme alen Liegruppe licher Symme r Thermodyna	ébren. Die hen im Ra énéchal eory in D ende Ko Physik odynamii en und de etrien ke mik von I	e Rolle ahmen Conforr -dimens onzept Anwe k bekar eren En nnen, o Bedeutu	des Energie von konform nal Field Th sions, Spring der konfor ndung find nnten Skaler weiterunger die sowohl ung sind.	e -Impulstensors, hen Feldtheorien. eory, Springer ger men Abbildungen ir et. Sie lernen, der ngesetzen und den h. in der Theorie der
5	Prüfunger Modulprüft	1 Jna: Bei	notete mündlic	he Prüfung (30) min)			
6	Prüfungs IX Modu	sformer ulprüfui	n und –leistun ng: mündlich	gen	2	🗆 Te	eilleistung	
7	Teilnahme Kenntnisse Thermodyr	e voraus e aus de namik u	s etzungen r Gruppenthec nd Statistik.	orie in der Phys	ik I, aus d	der Eler	mentarteilch	entheorie und aus der
8	Modultyp Wahlmodu	und Ve Il im Bao	rwendbarkeit chelorstudieng	des Moduls ang Physik od	er im Ma	sterstuc	liengang Ph	iysik.
9	Modulbea Ute Löw	uftragte	e(r)		Zustän Physik	dige Fa	akultät	

Modul: Gruppentheorie in der Festkörperphysik (PHY538)

Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf	1 Semester	56. Sem. (B.Sc)	6	180 h			
		13. Sem. (M.Sc)					

1	Modulstr	uktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	1 Vorlesung		V+Ü	6	3+1		
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch oder En	glisch				
3	 Gruppentheoretische Grundlagen; Darstellungen und Charaktere; Orthogonalitätstheoreme; Beziehung zwischen Quantenmechanik und Gruppentheorie; die 32 Punktgruppen in Festkörpern; Irreduzible Darstellungen der Punktgruppen; Doppelpunktgruppen; Gruppentheorie in der zeitunabhängigen Störungstheorie: Aufspaltung atomarer Orbitale in Festkörpern; Gruppentheoretische Auswertung von Matrixelementen: Wigner-Eckart Theorem; Raumgruppen und ihre irreduziblen Darstellungen; Teilchen in periodischen Potentialen. Literatur: HW. Streitwolf, Gruppentheorie in der Festkörperphysik; M. Böhm, Symmetrien in Festkörpern; M.S. Dresselhaus et al., Group Theory. 						
4	Kompetenzen Die Studierenden erlernen die mathematischen Grundlagen der Gruppentheorie und hierbei insbesondere das Konzept der irreduziblen Darstellungen von Gruppen. Ausgehend von diesen Grundlagen wird ihnen die fundamentale Beziehung zwischen der Gruppentheorie und den Eigenschaften quantenmechanischer Systeme vermittelt. In der Vorlesung und in den Übungen beschäftigen sich die Studierenden dann im Detail mit den in Festkörpern besonders wichtigen Gruppen, den Punktgruppen, den Doppelpunktgruppen und den Raumgruppen.						
5	Prüfunge Modulprüft	n ung: mündliche Prüfung (30 min)					
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: mündlich□ Teilleistung						
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik IV erforderlich; Kenntnisse aus Einführung in die Festkörperphysik empfohlen (kann auch parallel gehört werden)						
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Bachelor- oder im Masterstudien	gang Physik				
9	Modulbea Jöeg Büne	auftragte/r emann	Zuständige F Physik	akultät			

Modul: Seminar: Condensed Matter Meets Particle Physics (PHY539)

Studiengang: Physik (M.Sc) und (BsC)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf	1 Semester	ab 4. Sem. (B.Sc)	3	90			

1	Modulstruktur								
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS			
	1	Seminar		S	3	2			
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch/Englisch								
3	In dem Seminar sollen gemeinsame Ansatzpunkte aus der Physik der kondensierten Materie, der statistischen Physik sowie der Elementarteilchentheorie herausgearbeitet werden. Insbesondere soll untersucht werden, inwieweit sich die die beiden Themengebiete im Bereich der Quantenfeldtheorie überschneiden und ergänzen. Konkrete Themen beinhalten konforme Feldtheorie, die Renormierungsgruppengleichung und das Informationsparadox in der Thermodynamik singulärer Lösungen der Einsteingleichungen.								
4	Kompetenzen Die Studierenden können die modernen Methoden der theoretischen Physik (aus den Bereichen statistische Physik, Physik der kondensierten Materie und der Elementarteilchentheorie) anwenden. Die Studierenden lernen Probleme fachgebietsübergreifend zu diskutieren.								
5	Prüfunge Vortrag ve	en on 90 Minuten							
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: Vortrag□ Teilleistung								
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Physik I-IV, Thermodynamik und Statistik (Theorie), Grundkenntnisse in der Quantenfeldheorie								
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls Il im Bachelor und Masterstudiengang	g Physik						
9	Modulbea E.Stamou,	uftragte/r U.Loew	Zustär Physik	ndige Fa	kultät				

Мо	dul: Bachelorarbei	t (PHY611)				
B.S	ScStudiengang Pl	hvsik				
Tu jed	rnus: es Semester	Dauer: 1 Semester	Studiena 6. Sem	bschnitt:	Credits 10	Aufwand 300 h
-						
1	Modulstruktur Betreute wissensch	aftliche Arbeit				
2	Lehrveranstaltung	jssprache: Deuts	sch oder Er	nglisch		
3	Lehrinhalte Bearbeitung einer a theoretischen Phys Regeln Guter Wisse Literatur: Monograp wissenschaftlichen	aktuellen wissensc ik in einem interna enschaftlicher Pra phien, Übersichtsa Problemstellung.	haftlichen itionalen Fo xis. rtikel und C	Problemste orschungsu Driginalverö	llung der exp mfeld und un ffentlichunge	erimentellen oder ter Beachtung der n zur jeweiligen
4	Kompetenzen Die Studierenden Teilprojekt unter A Seminarvortrag da darüberführen. Sie entwickeln neben d dem Medieneinsatz sowie ihre Präsenta Teilnahme an eine Studierenden Ein wissenschaftlicher Kooperation und As Prüfungen Bachelorarbeit mit überschreiten. Die Bachelorarbeit ist	können sich in e Anleitung bearbeit arüber referieren e Iernen so die T er Fachkompetenz z, der Umsetzung ationstechniken un er Online-Unterwe blick in die Th Arbeiten, die Au spekte wissenscha Präsentation: Die Bearbeitungszeit in einem halbstü	ein aktuell en, die E und eine echniken z auch ihre von Fach nd die Fäh eisung in hemen Fa itorenschaf aftlichen Fe der Bachelor der Bach	es wissens rgebnisse anschließ des wisser Methodenk wissen und igkeit zur E Guter Wis orschungsd ft, evtl. Inte hlverhalten arbeit soll elorarbeit k	schaftliches schriftlich do ende wisser schaftlichen ompetenz be d dem wisser Diskussionsfü senschaftlich atenmanager eressenskont s. einen Umfar beträgt drei h	Thema einarbeiten, ein kumentieren, in einem schaftliche Diskussion Arbeitens kennen und i der Literaturrecherche, nschaftlichen Schreiben hrung weiter. Durch die er Praxis erhalten die ment, das Verfassen flikte, wissenschaftliche monate. Der Inhalt der rag mit anschließender
	wissenschaftlicher Diskussion (etwa 15 Minuten) zu präsentieren. 2 benotete Teilleistungen: Begutachtung der Bachelorarbeit und des Vortrags hinsichtlich Inh und Form. Der Online-Kurs zu Guter Wissenschaftlicher Praxis wird mit einem unbenotet Online-Quiz abgeschlossen.					
6	Prüfungsformen □ Modulprüfung	und –leistungen g:	X	Teilleistur	ngen: Bache Vortra	lorarbeit und g
7	Teilnahmevorauss Mindestens 135 erv darunter die Module	setzungen worbene Credit Po e Physik I-IV, Höh	ints im Bao ere Mather	chelorstudie natik I-III ur	engang, nd Experimen	telle Übungen I
8	Modultyp und Ver Pflichtmodul im Bac	wendbarkeit des chelorstudiengang	Moduls Physik.			
9	Modulbeauftragte / Dekan/in Physik	/r		Zuständig Physik	e Fakultät	

Г

Mo	dul: Elektronik (PH	Y621)				
В.S	ScStudiengang: P	hysik, M.ScStu	udiengang	Physik	1	
Tu	rnus:	Dauer:	Studiena	bschnitt:	Credits	Aufwand
Jäh	rlich im SS	1 Semester	B.Sc.: 6.	Sem.	8	240 h
			M.Sc.: 2.	Sem.		
1	Modulstruktur					
	3 SWS Vorlesung, 2	2 SWS Übung. V vraktischen Teil	orlesung ur	id Selbststu	dium, die Übur	ng besteht aus einem
2	Lehrveranstaltung	ssprache: Deut	tsch			
3	Lehrinhalte					
	Grundlegende Eigenschaften von elektrischen und elektronischen Bauelementen. Methoden zur					
	Messaufnahme					,
	Verhalten und Kenr	linie einer Diode	, Kleinsigna	lverhalten u	nd Grenzdater	ו des Betriebs,
	Statisches und dyna	amisches Verhal [:]	ten im Mode	ell, Anwendu	ungen mit spez	iellen Dioden;
	Kennlinien, Arbeitsp	ounkt und Kleinsi	gnalverhalte	en von Bipo	artransistoren,	Grundschaltungen
	mit Dioden und Bipo	olartransistoren,	Kennlinien,	Grenzdaten	und Arbeitspu	inkt von
	Feldeffekttransistor	en, Source-, Ga	te- und Drai	nschaltunge	en; Verstärker:	Stromquellen,
	Stromspiegel, Diffei	enzverstarker, A	Arbeitspunkt	Operations	sverstarker, Pri	nzip der
	Gegenkopplung, typische Anwendungen von Operationsverstarkern; Kippschaltungen, Eins					
	Grundfunktionen al	haeleitete Grund	funktionen	Schaltnetze	· Zahlendarste	Juna Addierer
Anwendungen: Impedanzkonverter, Eilter, Stromversorgungen, Messschaltungen, Senso					ltung, Addierer. Itungen Sensorik	
				iversergang		Rangen, concerne
	Literatur: Tietze/Sc P.Horowitz /W.Hill: <i>Elektroniksimulatior</i>	henk, Halbleiters The Art of Electro า	schaltungste onics, R. He	echnik, K.H. Sinemann: <i>P</i>	Rohe: Elektroi SPICE, Einfüh	nik für Physiker, rung in die
4	Kompetenzen Die Studierenden ordnen die typischen Bausteine, Bauelemente und Methoden der Elektronik ein. An Hand von Standard-Beispielen identifizieren und charakterisieren sie Bauelemente in Schaltungen. In den Übungen vertiefen die Studierenden die theoretischen Kenntnisse als Ergänzung zur Vorlesung anhand von Beispielaufgaben. Des Weiteren übertragen sie ihre Kenntnisse auf reale Schaltungen, begleitend zur Vorlesung. In den Übungen bauen die Studenten ihre Sozialkompentenzen in Zweiergruppen aus. Hierzu realisieren Sie Schaltungen					noden der Elektronik sie Bauelemente in en Kenntnisse als pertragen sie ihre ngen bauen die eren Sie Schaltungen uppenarbeit im Team.
5	Prüfungen					
	Studienleistungen:	Hausaufgaben u	nd praktisch	e Realisieru	ıng in den Übu	ingen
	Modulprüfung: Ber	notete Klausur (1	180min)			
6	Prüfungsformen	und –leistunger	1			
	⊠ Modulprüfung	g: Klausur	-] Teilleistung	
7	Teilnahmevorauss Kenntnisse aus Phy	e tzungen /sik I-IV, Experim	nentelle Übu	ngen I/II, Fe	estkörperphysil	κ
8	Modultyp und Very Wahlmodul im Back	wendbarkeit des	s Moduls	ng Physik		
0	Modulboauftraato		, staalongal	7uetändia	- Fakultät	
3	Dekan/in Physik	•		Physik	F I ANUILAL	

Modul: Einführung in die Medizinphysik (**PHY622**) (ab SS 2012 ersetzt durch Medizinphysik I aus dem Studiengang Medizinphysik, (8 LP))

B.ScStudiengang: Physik, M.ScStudiengang: Physik						
Turnus: jährlich im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: 6. Sem. M.Sc.: 2. Sem.	Credits 8	Aufwand 240 h		

1	Modulstr								
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS				
	1	1 Vorlesung mit Übung V+Ü 8 3 + 2							
2	Lehrveran	staltungssprache: Deutsch							
3	Lehrinhal Physikaliso Das Modu	te che Grundlagen und Techniken für die I umfasst 3 Bereiche:	Medizin						
	- Physik de	es Lebens							
	Grundlag Atmung,	Grundlagen für das Verständnis von medizinisch relevanten Vorgängen wie z.B. Blutkreislauf, Ntmung, Biomechanik, Ohr, Auge							
	- Physikali	sche Techniken für die Diagnostik							
	Schwerg Ultrascha	⊧ewicht bildgebende Techniken wie Rö all, Positron-Emissionstomographie, M	ontgenbildgebur Agnetische un	ng, Kernspir d elektrische	ntomographie, e Quellen				
	- Physikali	sche Methoden für die Therapie							
	Ionisiere	nde Strahlung, Strahlenschutz, Laser	in der Medizin						
	Literatur: Biophysi Medizin:	: Medizinische Physik, Band 1-3: J. Bil k: W. Hoppe, W. Lohmann, H. Markl, † O. Dössel.	lle, W. Schlege H. Ziegler (Hrsç	l (Hrsg.). Bic g.). Bildgebe	pphysics: R. Glaser. nde Verfahren in der				
4	Kompeter Die Studi Untersuch Untersuch	izen ierenden kennen die physikalische ungen und Methoden von besonder ungstechniken und therapeutischen M	en Phänomen rer Relevanz s lethoden für die	ne, welche sind. Sie le e mediziniscl	bei medizinischen rnen die wichtigsten he Praxis kennen.				
5	Prüfunen								
	Studienleis	stungen: Hausaufgaben.							
	Modulprut	rung: Benotete Klausur (180min)							
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: Klausur □ Teilleistung								
7	Teilnahme Kenntnisse	∍voraussetzungen e aus Physik I-IV							
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls Il im Bachelor- oder Masterstudiengar	ıg Physik						
9	Modulbea Dekan/in F	u ftragter ² hysik	Zuständige Fa Physik	akultät					

Mo	odul: Magnetische F	Resonanz (PHY	(623)		
В.	ScStudiengang: P	hvsik. Medizin	physik: M.ScStudie	ngang: Physik.	Medizinphysik
Tu na	rnus: ch Bedarf im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: 6. Sem. M.Sc.: 2. Sem.	Credits 5	Aufwand 150 h
1	Modulstruktur 3 SWS Vorlesun Laborexperimente	ıg, fakultativ	Übung. Möglichkeit	der praktische	n Ergänzung durch
2	Lehrveranstaltung	ssprache: De	utsch, auf Wunsch Eng	llisch	
	Klassische und o Manipulation und experimentelle Imp Untersuchung von Anwendungen aus die Zuhörer angepa Literatur: Slichter: F Principles of Pulse	juantenmechan zeitliche Er lementierung: Struktur und dem materialwis sst werden. Principles of mag Electron Param	ische Beschreibung ntwicklung von Spir Spektrometer, Messte Dynamik harter sowie ssenschaftlichen und m gnetic resonance, Levit agnetic Resonance	der wichtigster nsystemen; bild echnik; Anwendu e weicher Mate nedizinphysikalise	n Wechselwirkungen; Igebende Verfahren; ungen mit Bezug zur rie; insbesondere die chen Bereich sollen an s, Schweiger, Jeschke:
4	Kompetenzen Die Studierenden ge kennen die wichtig Weiterhin sind die können einfache Re	ewinnen einen Ü gsten Methode Studierenden ir echnungen zur S	Überblick über verschie m und die Bandbreit n der Lage, die Origina Spindynamik selbststär	dene Gebiete de e der grundlege alliteratur mit Ge ndig durchführen	r Magnetresonanz und enden Anwendungen. winn zu lesen und sie
5	Prüfungen Studienleistungen: 1 Modulprüfung: Bend	fakultativ Hausa otete mündliche	aufgaben. 9 Prüfung (30 min)		
6	Prüfungsformen ⊠ Modulprüfung	und –leistunge g: mündlich	en e	□ Teilleistung	
7	Teilnahmevorauss Kenntnisse Physik	etzungen -IV			
8	Modultyp und Ver Wahlmodul im Bach	wendbarkeit de nelorstudiengan	e s Moduls Ig Physik oder Masters	tudiengang Phys	iik
9	Modulbeauftragter Dekan/in Physik	•	Zuständ i Physik	ge Fakultät	

Modul: Seminar: Spezielle Themen der experimentellen Teilchenphysik (PHY624)

Studiengang: Physik (B.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich	1 Semester	6. Sem (B.Sc)	3	90 h		

1	Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS			
	1	Seminar	S	3	2			
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch							
3	Lehrinha	alte						
	Spezielle	Themen der experimentellen Teilche	nphysik mit we	chselnden S	chwerpunkten.			
	Diese kö	nnen z.B. Aspekte der Hadron-Collide	er-Physik, der P	'hysik jensei	ts des			
	Standard	imodelis oder der Flavorphysik sein.						
4	Kompet	enzen						
-	Die Stud	dierenden vertiefen Ihr Wissen auf o	dem Fachgebi	et der Teilcl	henphysik durch ein			
	Selbstst	udium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dies	er Vortrag schu	ult auch Kom	petenzen im Bereich			
	wissense	chaftlicher Recherche- und Präsentation	onstechniken. I	n der anschl	ießenden Diskussion			
	werden v	wissenschaftliche Diskussionstechnike	en erworben.					
5	Prüfung							
	Studienie	eistungen: Aktive Teilnanme an den D	iskussionen im	Anschluss a	an die Vortrage.			
	inioquipit	indig. Denoteter eigener Fachvortlag						
6	Prüfung	sformen und –leistungen						
	⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag □ Teilleistung							
7	Teilnahr	nevoraussetzungen						
	Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik							
8	Modulty	p und Verwendbarkeit des Moduls						
	Wahlmo	dul im Studiengang Bachelor Physik						
9	Modulbe	eauftragte/r	Zuständige F	akultät				
	Dekan/in	i der Fakultät Physik	Physik					

Modul: Physik und Technologie von Halbleiter-Nanostrukturen (PHY625)

Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
nach Bedarf im SS	1 Semester	3./4. Studienjahr	3	90 h		

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур		Credits	SWS	
	1	Vorlesung	V		3	2	
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch						
3	Lehrinhalte						
	1. Grundla Materialier	agen der Halbleiterphysik: n, physikalische und elektronische Eig	jenschaften,	Nar	nostrukturen		
	2. Herstell	lung, Charakterisierung und elektronis	che Eigenso	chaft	en von Nand	ostrukturen	
	3. Transpo Leitfähigke	ortphänomene eit, Tunnelprozesse, hochbewegliche	Systeme, Q	uante	en-Hall-Effel	ct	
	4. Optisch Inter- und	e Eigenschaften Intraband- Übergänge, Exzitonen in G	Juantendräh	ten ı	und Quanter	ıpunkten	
	5. 2D-Mat Spezifisch	erialien: e Aspekte von Monolagen-Halbleiterr	(Graphen,	TMD	es)		
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen und technologischen Grundlagen moderner Halbleiter-Nanostrukturen.						
5	Prüfunge Modulprüf	n Jung: Benotete mündliche Prüfung (30	min)				
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: mündlich□ Teilleistung						
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Festkörperphysik (z.B. Modul Einführung in die Festkörperphysik oder Struktur der Materie)						
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach						
9	Modulbea Prof. M. B	auftragte/r etz	Zuständig Physik	e Fa	kultät		

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

Modul: Seminar: Aktuelle Themen und Techniken aus der Oberflächenphysik (PHY627)

Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Master Medizinphysik							
Turnus: nach Bedarf	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h			

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveransta	ltung		Тур	Credits	SWS
	1	Seminar			S	3	2
2	Lehrver-r	istaltungssprache: Deu	utsch/Engliso	ch			
3	 Lehrinhalte Festkörperphysik: Symmetrie, Raumgruppen, Zustandsdichten, Kristallpotential, Bandstruktur, Orbital-Hybridisierung Oberflächenphysik: Herstellung, Charakterisierung und Analyse von atomaren, elektronischen und vibronischen Oberflächenstrukturen, Oberflächenzustände, Rekonstruktionen, Relaxation, Dangling Bonds, Oberflächenspannung Molekulare Wechselwirkungen: Moleküle auf funktionalisierten Oberflächen, Wechselwirkung zwischen Molekül und Substrat, Ausrichtung und Orientierung von Molekülen, Molekül-Netzwerke Grenzflächen: Schichtsysteme, Grenzflächenstrukturen, amorphe Grenzphasen, Legierungen 2D Materialien: Graphene, Silicene, Germanene, Nano-Röhrchen Methoden: X-Ray Photoelektronen Spektroskopie (XPS), X-Ray Photoelektronen Beugung (XPD), Rastertunnelmikrosopie (STM), Rastetunnelspektroskopie (STS), Rasterkraftmikrosopie (AFM), Photoemissionselektronenmikroskopie (PEEM), X-Ray Standing Waves (XSW), Elektronenholographie Techniken: Ultra-Hochvakuum, Nah-Raumdruck Messungen, Pump-Technik						
4	Kompetenzen Die Studierenden erlernen die modernen Methoden der Festkörperphysik interdisziplinär auf Systeme der Oberflächen- und Grenzflächenphysik. In den erarbeiteten Vorträgen lernen Studierende komplexe wissenschaftliche Methodiken und Arbeiten verständlich zu präsentieren. Durch die Diskussion werden Grundprinzipien des wissenschaftlichen Austausches und Diskurses vermittelt.						
5	Prüfunge Modulprüf	n fung: Benoteter eigener Vo	ortrag (30 mi	n + 15	min Disk	(ussion)	
6	Prüfungs ⊠ Modı	formen und –leistungen Ilprüfung: eigener Vortra	ag		🗆 Tei	lleistung	
7	Teilnahmevoraussetzungen Physik I- IV, Festkörperphysik						
8	Modultyp Wahlmodr Medizinph	und Verwendbarkeit des ul im Bachelorstudiengang nysik	s Moduls g oder im Ma	sterstu	diengan	g Physik,	
9	Modulbea Prof. C. W	auftragte/r /estphal		Zustä Physik	ndige Fa	akultät	

Modul: Fortgeschrittene nichtlineare spektroskopische Methoden in der Festkörperphysik (PHY628)

Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich im SS	1 Semester	6. Sem. (B.Sc)	3	90 h		
		2. Sem. (M.Sc)				

1	1 Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS			
	1	Vorlesung	V	3	2			
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch	ŀ					
3	 Lenrinnaite Lineare licht-Materie Wechselwirkung: elektrische Polarisation, dielektrischer Tensor, lineare Optik, lineare Magneto-Optik in magnetischen Materialien (Metalle und Insulatoren), Drude Modell, Lorentz Modell Optik der Metalle: freie- Elektronen Modell, Plasmonen Optik der Isolatoren und Halbleiter: direkte und indirekte Übergänge, Exzitonen, Nichtlineare Optik: nichtlineare elektrische Polarisation, Harmonische Erzeugung, magnetische Erzeugung von Harmonischen, Erzeugung von harmonischen aus Exzitonen. Raman Spektroskopie: Spontane und Induzierte Raman-Streuung an Phononen und Magnonen. Zeit-aufgelöst Methoden: Pump-probe Methode, zeitaufgelöste SHG und THG, zeitaufgelöste Raman-Spektroskopie. 							
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der optischen Eigenschaften von unterschiedlichen Materialienklassen. Das Verständnis von traditionellen und modernen spektroskopischen Methoden wird dabei durch direkte Beispiele ergänzt.							
5	Prüfunge Modulprüf	n fung: Benotete mündliche Prüfung (30	min)					
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Iprüfung: mündliche Prüfung	🗆 Te	illeistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Grundkenntnisse Festkörperphysik und Elektromagnetismus							
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang oder im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik							
9	Modulbea Dr. Davide	auftragte/r e Bossini, Dr. Dima Yakovlev	Zuständige F Physik	akultät				

Modul: Seminar: Angewandte Dosimetrie (PHY629)

Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich im SS	1 Semester	6. Sem. (B.Sc)	3	90 h		
		2. Sem. (M.Sc)				

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	•	Тур	Credits	SWS	
	1	Seminar	;	S	3	2	
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch					
3	Lehrinhalte Der Kurs deckt die Grundlagen der Dosimetrie und deren Anwendungen ab. Der Schwerpunkt des Kurses liegt insbesondere auf dem Aspekt der Personendosimetrie und ihrer Bedeutung im Strahlenschutz beruflich strahlenexponierter Personen. In dem Seminar werden sowohl detektorphysikalischen Grundlagen behandelt als auch technologische Aspekte der Anwendung wie z.B. die Anforderungen an Dosimeter sowie die Umsetzung in der Normung.						
4	Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Fachgebiet der Dosimetrie durch ein Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben.						
5	Prüfunge Studienleis Modulprüf	n stungen: Aktive Teilnahme an den Dis ung: Benoteter eigener Fachvortrag	kussion	en im A	nschluss an	die Vorträge.	
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: eigener Vortrag		🗆 Tei	lleistung		
7	Teilnahmevoraussetzungen Struktur der Materie bzw. KET						
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik, Medizinphysik oder im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik						
9	Modulbea Prof. Dr. k	auftragte/r Kevin Kröninger	Zustän Physik	dige Fa	kultät		
Modul: Methoden der klinischen Forschung (PHY6210)

Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf im SS	1 Semester	6. Sem. (B.Sc)	5	150 h			
		2. Sem. (M.Sc)					

1	Modulstruktur									
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Cr	redits	SWS				
	1	Vorlesung	V	5		3				
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch									
3	Lehrinhalte									
	Zusamme	nnange in der klinischen Forschung. N	letnodische	statist	ische, re	cntiicne und				
	Klassifizie	erung von Studien: Observationsstud	lien (Fall-Ko	ntroll-S	studien.					
	Querschni	ttsstudien, Kohortenstudien), Interven	tionsstudien	(rando	misert, k	ontrolliert, doppel-				
	verblindet)	, Phasen klinischer Studien.								
	Statische	Unterscheidung von Untersuchung	sgruppen:	Param	etrische	und nicht-				
		onen von Untersuchungsgrößen: K	orrelation (P	earson	Snearn	nan) Regression				
	(univariate	e. multivariate und logistische)		carson	, opcari	nan), regression				
	Risiko- u	nd Prognosefaktoren: Odds Ratio, H	azard Ratio,	Absolu	utes Risi	ko, Relatives				
	Risiko.									
	Genauigk	eit diagnostischer Verfahren: Sensi weibeed Detie (LD, und LD)	tivität, Spezi	fität, Re	eceiver (Operating Curve				
	(ROC), Lik Körperlic	he Belastharkeit: Auswertung maxim	aler und sul	maxim	aler Bel	astunastests				
	Lebensqu	alität: Fragebögen – Umgang und Au	iswertung.	, maxim		dotangotooto.				
	Rechtlich	e und ethische Aspekte: Good Clinie	cal Practice	(GCP),	Ethikko	mmission,				
	Bundesins	stitut für Arzneimittel und Medizinprodu	ukte (BfArM)							
	Kompoto									
4	Die Stude	nten erlernen Methoden, die in der Kl	nischen Fo	schund	andewa	andt werden. Da es				
	sich in de	er medizinischen Wissenschaft um F	orschung a	m Sub	jekt har	idelt, werden auch				
	Kenntniss	e zu rechtlichen und ethischen Asp	ekten erwo	ben. Ir	n den Ü	bungen lernen die				
	Studenter	n, Aufgaben aus dem Bereich Kinisc	hen Forsch	ung eig	genständ	lig als Problem zu				
	enassen,	zu losen und in der Gruppe zu diskulle	eren.							
5	Prüfunge	n								
	Modulprüf	ung: Benotete Klausur (120min) oder	mündliche F	rüfung	(30 min), wird zu Beginn der				
	Veranstalt	ung bekanntgegeben.				_				
	Schwerpu	studiengang Medizinphysik kann auch	() erworben	werder	ng lur ei n Vortra	n oder Klausur oder				
	Prüfungsg	espräch – wird zu Beginn der Veranst	altung beka	nntgeg	eben.					
	5 5									
6	Prüfungs	sformen und –leistungen		Taillaid	- 4					
		ilprutung: Klausur öder mundlich		remeis	stung					
7	Teilnahm	evoraussetzungen								
	Medizinph	ysikalische Grundkenntnisse								
8	Modultyp	und Verwendbarkeit des Moduls								
	Wahlmodu	ul im Bachelor- oder im Masterstudien	gang Medizi	nphysil	k, Physil	<				
9	Modulbea	auftragte/r	Zuständige	Fakul	tät					
	Gerhard V	Veinreich	Physik							

Мо	Modul: Anwendungen des Maschinellen Lernens in der Medizinphysik (PHY6211)								
Stı	Studiengang: Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.), Physik (M.Sc., B.Sc.)								
Tu im '	rnus: WS	Dauer: 1 Semester	Studienabsc 3. Studienjahr 1. Studienjahr	hnitt: (B.Sc) (M.Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h			
1	Modulstrukti	ır							
	2 SWS Sem	inar							
2	Lehrveransta Deutsch ode	altungssprache er Englisch							
3	Lehrinhalte Maschinelles Lernen findet in vielen Bereichen der Medizin seit Jahren eine zunehmende Anwendung und hat das Potential diese sogar völlig zu verändern. Schon heute sind Methoden des maschinellen Lernens beispielsweise in der Diagnostik mithilfe bildgebender Verfahren von großer Bedeutung. Dort helfen Methoden des maschinellen Lernens behandelnden Medizinern dabei, die hochkomplexen Daten auszuwerten, um präziser und schneller eine Diagnose zu stellen. Aber auch in anderen Bereichen, wie zum Beispiel der Therapieplanung, der Behandlung oder sogar in der Entwicklung von wirksamen Medikamenten, kann maschinelles Lernen effizient eingesetzt werden, um nicht nur Kosten und Zeit zu sparen, sondern letztlich den Patienten die bestmögliche Versorgung zu ermöglichen. In diesem Seminar werden Sie zunächst einen Überblick über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten des maschinellen Lernens in der Medizin bekommen. Darüber hinaus werden Sie ein ausgewähltes Thema wissenschaftlich recherchieren, einen tieferen Einblick und Verständnis bekommen und anschaulich als Vortrag aufarbeiten und präsentieren. Der zentrale Fokus liegt bei diesen Seminarvorträgen auf den medizin-physikalischen Anwendungen, weniger auf den technischen Aspekten des maschinellen Lernens. Zusätzlich zu den Seminarvorträgen bereiten wir kurze Vortragseinschübe vor, in denen wir die technischen Aspekte des maschinellen Lernens in den jeweiligen Anwendungen näher durchleuchten und ohne nötiges Vorwissen erklären.								
4	Kompetenze Die Teilnehr moderne M wissenschaf Publikum zu maschineller	n mer bekommen ei lethoden des ma tliches Thema zu präsentieren. Zus n Lernens funktioni	nen Überblick ü aschinellen Ler recherchieren ätzlich bekomm eren.	über aktur nens ein und in e en Sie Ei	ellen Themen de gesetzt werder einem verständli nblicke wie mode	er Medizin, in denen n. Sie erlernen ein ichen Vortrag einem erne Algorithmen des			
5	Prüfungen Studienleistu Modulprüfun	ungen: Aktive Teiln ıg: Benoteter, eiger	ahme an den Di nständig rechero	iskussione chierter ur	en in den Semina nd herausgearbe	arstunden iteter Seminarvortrag			
6	Prüfungsforr ■ Mod	nen und –leistunge ulprüfung: Benotet	n er Seminarvortr	ag					
7	Teilnahmevo Grundkenntr Methoden de	raussetzungen nisse in der Medizir er Datenanalyse'	nphysik, wünsch	nenswert i	st die Vorlesung	'Statistische			
8	Modultyp un Wahlmodul	d Verwendbarkeit d	es Moduls						
9	Modulbeauft Dekan(in) de	ragte/r er Physik		Zuständi Physik	ge Fakultät				

Modul: Superconductivity (PHY6212)

Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
Jährlich zum SS	1 Semester	2. Semester (Master)	3	90 h			
		6. Semester (Bachelor)					

1	Modulstr	uktur			
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	3	2
2	Lehrvera	nstaltungssprache: English	·	÷	
3	Lenrvera Lehrinhal Fundame diamagne Supercon supercon Supercon Cooper p unconvent Thermod Type-II su thermodyr Application Literature Reinhold I Michael T James. F. Terry R O	Ite Intal Properties of Superconductors tism, flux quantization, quantum interfer ducting materials: superconducting ductors, high- <i>T</i> c cupper oxides, iron-ba- ductors airing: Bardeen-Cooper-Schrieffer the tional superconductivity, energy gap, e ynamics: Ginzburg-Landau theory, Ty- perconductors in a magnetic field, fluc- hamic equilibrium ons of superconductors Ex Kleiner and Werner Buckel, <i>Superconductors</i> inkham, <i>Introduction to Superconductor</i> Annett, <i>Superconductivity, Superfluic</i> orlando, Kevin A. Delin, <i>Foundations</i> o	a: vanishing o erence elements, al ased superco eory, conven electromagne pe-I superco ctuations abo ductivity: An ivity (Dover) Is and Condo f Applied Su	of electrical rest loys, MgB ₂ , he onductors, orga tional supercol etic response onductors in a ove <i>T</i> c, states of <i>Introduction</i> (W ensates (Oxfor	vistance, perfect avy-fermion anic nductivity, magnetic field, butside Viley-VCH) d) (Addison-Wesley)
4	Kompete The disco the past of revealed mechanic materials, Besides t topics of t	nzen overy of superconductivity is one of th century. A significant collection of une by the study of superconductivity, whi s. This course will provide an overvi based on the preliminary knowledge he fundamental properties of superco he contemporary research.	e most prom expected an ch greatly er ew of super of solid state nductivity, th	inent scientific d surprising ne priched our kno conductivity a physics and c e lectures will	achievements over w phenomena was owledge of quantum nd superconducting juantum mechanics. also cover selected
5	Prüfunge	n fung: Ponototo mündlicho Drüfung (20	min)		
	woaupru	iung: Benotete munaliche Prutung (30	min)		
6	Prüfungs	stormen und –leistungen Ilprüfung: mündlich		Teilleistung	
7	Teilnahm Kenntniss Modul PH	evoraussetzungen e in Festkörperphysik und Quantenmo 19521 "Einführung in die Festkörperph	echanik. Bac ysik" absolvi	helorstudieren ert haben.	de müssen das
Ø	Wahlmod	ul vorrangig im Masterstudiengang Ph	ysik, aber au	ch im Bachelo	rstudiengang Physik
9	Modulbea Prof. Zhe	auftragte/r Wang	Zuständige Physik	e Fakultät	

Modul: Halbleiterphysik (PHY6213)							
Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc., M. Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf im SS	1 Semester	6. Sem. (B.Sc)	5	150 h			
		2. Sem. (M.Sc)					

1	Modulstr	uktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS				
	1	Vorlesung V 5 3							
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch								
3	Lehrinhalte								
	Die Vorlesung deckt die wichtigsten Aspekte der Physik kristalliner Halbleiter ab. Zudem werden einige zentrale Halbleiterbauelemente diskutiert. Konkret werden die folgenden Themen behandelt: Halbleiter: Kristallstrukturen, Gitterschwingungen Elektronische Bandstruktur wichtiger Halbleitermaterialien Defektzustände und elektrischer Transport Optische Eigenschaften von Halbleitern Heterostrukturen/Nanostrukturen: Herstellung und Eigenschaften Einfluss externer Felder: Stark-Effekt, Quanten-Hall-Effekt Halbleiterdioden: Bandschema und elektrische Eigenschaften Optoelektronische Bauelemente: Photodioden, LED, Halbleiterlaser Bipolar- und Feldeffekt-Transistoren								
	Semicond	uctors: An Introduction Including Nanc	physics and A	pplications					
4	Kompeter Die Studie Wirkungsv Nanostruk von Halb Halbleiter	nzen erenden können die Konzepte der n weise moderner Halbleiterbauelele sturen zu verstehen. Zudem lernen die oleiterheterostrukturen zu beschreit ohysik zu lösen.	nodernen Halt emente und Studierenden ben und eig	bleiterphysik die Physił Konzepte, ur enständig P	anwenden, um die k von Halbleiter- n die Eigenschaften robleme aus der				
5	Prüfunge Modulprüf	n ung: mündliche Prüfung (30 min)							
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: mündlich□ Teilleistung								
7	Teilnahm Grundken Materie)	evoraussetzungen ntnisse in der Festkörperphysik (Einfü	hrung in die Fe	estkörperphys	ik bzw. Struktur der				
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls							
9	Modulbea Prof. M. B	auftragte/r etz	Zuständige F Physik	akultät					

Modul: Physik des Lebens (BP12)

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

1	Modulstr	uktur			
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit Übung	V+Ü	6	3 + 1
2	Lehrverar	nstaltungssprache: Deutsch			
3	Lehrinhal i) Thermo der Flukti ii) Mecha nach Sac iii) Elektro Kopplung iv) Polym Reptatior v) Viskoe Skalenar vi) Leben (Spermie vii) Nicht- Anwendu viii) Evolut	te odynamik, Phasenumwandlungen und uationen, Landau-Ginzburg, Verbindu nik der Zelle: Elastizität von Schalen, ekmann, Abknospung Linienspannung ostatik an Biopolymeren und Membrar g zu Phasenumwandlungen ertheorie: Gauss und Flory Kette, Dyr n, Semiflexible Polymer lastizitätstheorie von Biopolymernetzy gumente, Rubber-Plateau, Dynamik u bei kleinen Reynoldszahlen. Mikrosw n, Bakterien, Pantoffeltierchen, Lunge lineare Phänomene. (gekoppelte) Nic ing Nerven, Herz ionstheorie	l kritische Phän ng zu allen and Helfrich-Theori nen: Poisson-B namik (Rousse werken/Zytoske ind Elastizität vimmer, Revers e,) chtlineare Oszill	omene in de leren Gebiet e, Benetzun oltzmann, G und Zimm), elet. Affine Ne ibilität, Slend atoren (Höre	r Biologie. Rolle en g, Zelladhesion ouy Chapmann, De Gennes, etze, der Body Theorie en), Solitonen,
4	Kompete Nach der • könne Therr Biolog Skala • habei Therr Probl Prüfunge	enzen n erfolgreichen Abschluss des Moduls en Studierende physikalische Konz nodynamik/Statistik und Elektrodyna gischen und Medizinischen Physik (v.a anwenden. n Studierende in den Übungen ge enbereich biologische Physik und em zu erfassen, zu lösen und in der G n	s epte der Hyd amik interdiszi a.) auf mesosko elernt, Problem Physiologie eig Gruppe zu disku	rodynamik, plinär auf opischer und e aus dem genständig a itieren.	Elastizitätstheorie, Fragestellung der makroskopischen interdisziplinären als physikalisches
	Studienleis Modulprüf Veranstalt	stung: Ubungsaufgaben. ung: Benotete Klausur (120min) oder ung bekanntgegeben.	mündliche Prüf	ung (30 min)), wird zu Beginn der
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Iprüfung: Klausur oder mündlich	🗆 Te	illeistung	
7	Teilnahm Physik I-II	evoraussetzungen I oder äquivalent			
8	Modultyp Wahlmodu M.Sc Med	und Verwendbarkeit des Moduls Il im Bachelor-/Masterstudiengang Ph izinphysik: siehe Modulhandbuch	iysik und Bache	elorstudienga	ang Medizinphysik
9	Modulbea Prof. M. S	u ftragte/r chneider	Zuständige Fa Physik	akultät	

Mo	dul: Höhere	Quantenmechanik (P	PHY631)				
Stu	diengang:	B.Sc. und M.Sc. Phy	sik: B.Sc. und M.Sc.	Medizinnh	/sik		
Tur	nus:	Dauer:	Studienabschnit	t: Credit	S	Aufwand	
jähr	lich im SS	1 Semester	6. Semester	6	-	180 h	
	-	i.	÷			.	
1	Modulstr	uktur					
	Nr.	Element / Lehrvera	nstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Höhere Quantenme	chanik		V	3	2
	2	Übungen zur Höher	en Quantenmechanik		Ü	3	2
2	Lehrveran	staltungssprache: [Deutsch, Englisch auf V	Wunsch			
3	Lenrinnan (zeitabhän Streutheori Pfadintegra Relativistis Klein-Gord Diracgleich Feldquantis Symmetrie Literatur: S Peskin, Sc L.D. Landa	gige) Störungstheorie gige) Störungstheorie ie: Lippmann-Schwing al: klassischer Limes, che Quantenmechani on-Gleichung nung: Kovarianz, P,T,C sierung, Fockraum, Pl n, SUSY-QM Schwabl: Quantenmec hroeder: An Introducti nu, E.M. Lifshitz: Quan	: S-Matrix, Fermis gold ger, Bornscher Wirkung harmonischer Oszillate k: Poincare-Trafos, Sp C, nicht-relativistischer hotonen, hanik für Fortgeschritte on to Quantum Field T itenmechanik, Bd. III	lene Regel; gsquerschni or; inoren Limes, Feir ene, heory,	nstruktur		
4	Kompeten Die Studie sowie die Messgröße moderner relativistisc Verständni Studierend werden. In den Üb Diskussion verbal zu überprüfen Hausaufga	renden erlernen die Methoden zur technis en. Neben der kanonis Feldtheorie am hau che Quantenmechanik s der entsprechend en werden an Metho ungen lernen die St in der Gruppe einfach beschreiben und Lös und an dem der Mits iben als Gruppenarbe	wichtigsten Elemente schen Handhabung vo schen Quantisierung w rmonischen Oszillator s, hier wird verstärkt au en Transformationen oden herangeführt wie udierenden durch eig ne physikalische Syste ungen zu präsentiere tudierenden zu messe iten von bis zu 3 Studi	der fortges on Frageste ird das Pfac r eingeführ uf gute Behe für Objel sie in der enständiges me sowohl n. Sie lerne en. Um die T erenden akz	chrittene llungen lintegral t. Ein S errschung (te mit aktuelle s Lösen formal-m en dabei eamarbe zeptiert.	en Quantenr und Berech als wichtige Schwerpunk g und konze Spin geac n Forschun von Proble athematisch , ihren Lerr eit zu förder	mechanik inung vor s Konzep tt ist die ptionelles chtet. Die g benutz emen und h als auch nerfolg zu n, werder
5 6	Prüfunger Studienleis Modulprüfu Prüfungs	n Stung: Hausaufgaben Sing: Benotete Klausur Stormen und –leistun Ilprüfung: Klausur	(120 min) gen	□ Teille	istuna		
7	Teilnahme Kenntnisse	e voraussetzungen e Physik I-IV					
8	Modultyp Wahlmodu darauffolge	und Verwendbarkeit I im Bachelorstudieng endes Masterstudium	des Moduls gang Physik; Unbedin im Bereich Teilchenthe	gt empfohle eorie anges	en, wenr trebt wirc	ı Bachelora I.	rbeit ode
9	Modulbea	uftragte/r	Zustä	ndige Faku	ltät		
	Dekan/in P	Physik	Physik	<u> </u>			

Moo	dul: Compu	tational F	hysics (PHY6	32)				
Stu	diengang: I	3.Sc. und	M.Sc. Physi	k; B.Sc. und M.Sc.	Medizinph	ysik		
Tur	nus:	D	auer:	Studienabschn	tt: Credit	s	Aufwand	
ähr	lich im SS	1	Semester	6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc)	9		270 h	
1	Modulstr	uktur						
1	Nr.	Elemen	t / Lehrveran	staltung		Tvp	Credits	SWS
	1	Comput	ational Physic	S		V	6	4
	2	Übunge	n zu Computa	tional Physics		Ü	3	2
2	Lehrveran	staltungs	sprache: De	utsch				
3	Lehrinhalt	e <u> </u>	•					
	Numerische numerische Spezifisch Nichtlineare hochdimen Differentiale	e Differen en lineare e numeri e Optimie sionalen gleichung gleichung	n Algebra: line sche Technik rung in vielen Räumen, Varia en, Molekular en, Monte-Ca	ation, Losung von L eare Gleichungssys cen der Physik, z.f Variablen, Bestimn ationsverfahren, Lö dynamik-Simulatior rlo-Simulationen ur	inerentialgie eme und Ei sung domina sung gekopp en, Lösung d -Integratio	genwert genwert nter Eig pelter ge partieller nen, Lös	n. Grundauf probleme. enwerte in wöhnlicher - sung stochas	gaben di stischer
4	Elektrodyna Variationsv Fock-Metho (Transferm Vielteilcher Carlo-Meth Bandstrukt Literatur: I und Statisti Computer S	amik (Pot erfahren, ode). Qua atrixmeth systemei oden, sto urberechr Press et a schen Ph Simulatior zen	entialgleichung Grundzustand ontenfeldtheori oden, kritische n mit Molekula chastische Dy nung). Teilcher I: Numerical F ysik, Thijssen n Methods	g). Optik (Beugung) dsberechnungen, Z e (Gitter-QFT, Funl e Punkte und kritisc rdynamik und klass rnamik). Festkörper nphysik. Recipes, Schnakent : Computational Ph	Quantenmeitentwicklur eitentwicklur tionalintegra ne Exponen ischen und ohysik (Dich eerg: Algorithysics, Gould	echanik ng, Streu ale). Stat ten, Sim quanten tefunktic nmen in o -Toboch	der Quanten nik: An Intro	Zustände lartree- vsik n en Monte n, theorie duction
	Die Studier Physik und kondensier die Wahl de Projekten a Projektmar Ergebnisse	enden kö der Com ten Mater es geeign ils Hausü hagement	nnen die mod putersimulatio ie anwenden. eten Algorithn bungen. Die B , außerdem di	ernen Methoden de n auf Beispiele aus Dies beinhaltet das nus und die Umsetz earbeitung der Pro e graphische Aufbe	r computeru der Physik Erkennen o ung in ein P ekte im Tea reitung und	interstütz der Elerr les nume rogramn m förder Präsenta	zten theoreti hentarteilche erischen Pro n anhand vo t Teamfähig ation numeri	schen n und de blems, n keit und scher
5	Prüfungen Studienleis Benotete M bekanntgeg	tung: Prä lodulprüfu geben)	sentation der l Ing, schriftlich	Übungsprojekte. oder mündlich (wir	d zu Begin d	ler Verar	nstaltung	
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen u Iprüfuna	nd –leistung : schriftlich o	en der mündlich	🗆 Teille	eistung		
7	Teilnahme Der vorheri keine zwing	vorausse ge Besuc gende Vo	e tzungen h der Vorlesu raussetzung.	ng "Thermodynamil	c und Statist	ik" wird e	empfohlen, i	st aber
8	Modultyp im Masters	und Verw tudiengar	rendbarkeit d ng Physik.	es Moduls Wahlmo	odul im Bach	nelorstud	iengang Phy	ysik odeı
9	Modulbea Dekan Phy	u ftragte/r sik		Zust a Physi	i <mark>ndige Fakı</mark> k	ıltät		

Modul: Theorie Weicher und biologischer Materie (PHY633)

Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Master Medizinphysik							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf im SS	1 Semester	6. Sem. (B.Sc)	6	180 h			
		2. Sem. (M.Sc)					

1	Modulstr	uktur	Modulstruktur									
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS							
	1	Vorlesung mit Übung	V+Ü	6	3 + 1							
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch											
23	 Lehrinhalte Wichtige Systeme weicher und biologischer Materie: kolloidale Systeme, Flüssigkristalle, Polymere, flüssige Grenzflächen, fluide Membranen; Zellmembran, DNA, Zellskelett, Proteine, Motorproteine, Proteinfilamente. Statistische Physik: Virialentwicklung, Phasenübergänge (MeanField, Skalengesetze). Molekulare Wechselwirkungen: Debye-Hückel Theorie, vanderWaals Wechselwirkung, DLVO-Theorie, hydrophober Effekt, Wasserstoffbrücken, sterische Wechselwirkungen. Polymere: Kettenmodelle, Selbstvermeidung, Polymerlösungen, Adsorption, Gummielastizität. Flüssige Grenzflächen: Oberflächenspannung, Differentialgeometrie, Flächen konstater Krümmung, Kapillarwellen, Benetzung, Schäume. Membranen: Biegeenergie, Formen flüssiger Vesikeln, thermische Fluktuationen. Stochastische Dynamik: Brownsche Bewegung, Diffusionsprobleme, Random Walk, Markov-Prozesse, Langevin-Gleichung und Fokker-Planck-Gleichung. Physikalische und Chemische Kinetik: thermisch aktivierte Prozesse, chemisches Gleichgewicht, chemische Kinetik, Michaelis-Menten. Biologische Physik: Molekulare Motoren, Filamente, ATP-getriebene Prozesse 											
4	Kompete Die Studie Bereichen Weichen I Probleme theoretisc	n zen erenden können die modernen Methoo statistische Physik, Mechanik, Elek Materie un biologsichen Physik anwer aus dem interdisziplinären Theme h-physikalisches Problem zu erfassen	den der theoret ktrodynamik) ir nden. In den Ül enbereich Wei n, zu lösen und	ischen Phys hterdisziplinä pungen lerne iche Materie in der Grupp	ik (aus den ir auf Systeme der en die Studierenden e eigenständig als be zu diskutieren.							
5	Prüfunge Studienlei Modulprüf Veranstalt	n stung: Übungsaufgaben. ung: Benotete Klausur (120min) oder ung bekanntgegeben.	mündliche Prü	fung (30 min), wird zu Beginn der							
6	Prüfungs ⊠ Modı	formen und –leistungen Ilprüfung: Klausur oder mündlich	□ Te	illeistung								
7	Teilnahm Physik I-I\	evoraussetzungen / sowie Thermodynamik und Statistik										
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls al im Bachelorstudiengang Physik ode	er im Masterstu	diengang Ph	nysik, Medizinphysik							
9	Modulbea Prof. J. Ki	auftragte/r erfeld	Zuständige F Physik	akultät								

Modul: Allgemeine Relativitätstheorie (PHY634)

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

1	Modulstr	uktur			
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit Übung	V+Ü	6	3 + 1
2	Lehrverar	staltungssprache: Deutsch oder	Englisch		
3	Lehrinhal Wiederhol Bezugssys Gravitation Schwarzso Kosmolog Literatur: in der Vorl	te ung Spezielle Relativitätstheorie, P steme und Äquivalenzprinzip, Tenso n und Einsteinsche Feldgleichunger childmetrik, Sternmodelle, Schwarz ie und Quantengravitation S.M. Carroll: Spacetime and Geom esung angegebene	rinzipien der Allge orkalkül und Geoi n, Tests der allgei e Löcher, Gravita etry: Introduction	emeinen Rela metrie in gek meinen Rela tionswellen, to General F	ativitätstheorie, rümmten Räumen, tivitätstheorie, Ausblick auf Relativity und andere
4	Kompeter Die Studie beschreibt zur Strukt Postulater notwendig Probleme	nzen renden lernen, wie man die Raum- z; sie erwerben eine vertiefte Einsic ur der Raumzeit; sie lernen exemp n eine Theorie mit meßbaren Konse en Techniken, um den Formalismu in Astrophysik und Kosmologie anz	Zeit-Struktur gekr ht in die Physik d blarisch, wie sich equenzen heraust is der Allgemeine suwenden.	ümmter Räu er Gravitatio aus allgem bildet; sie ent en Relativität	me mathematisch n und ihre Beziehung einen Prinzipien und wickeln und üben die stheorie auf konkrete
5	Prüfunge Studienleis Modulprüf Veranstalt	n stung: Hausaufgaben ung: Benotete mündliche Prüfung (ung bekanntgegeben.	30 min) oder Klau	ısur (120 mir	n), wird zu Beginn der
6	Prüfungs 区 Mod	sformen und –leistungen ulprüfung: mündlich oder Klausu	ır 🗆 Te	eilleistung	
7	Teilnahm Kenntniss	evoraussetzungen e aus Physik I-III			
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Bachelorstudiengang Physik o	der im Masterstu	diengang Ph	ysik.
9	Modulbea Dekan/in F	i uftragte/r ^{>} hysik	Zuständige F a Physik	akultät	

Мо	dul: Fortgeschritte	enenpraktikum (E	Bachelor) (PHY641)		
в.S	ScStudiengang F	Physik			
Tu jäh	rnus: rlich im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 6. Semester	Credits 6	Aufwand 180h, davon 60,5 h Präsenz und Prüfungen
1	Modulstruktur 4 SWS, Praktikur Wissenschaftlern	n; die Versuche betreut.	werden in Kleingrupp	en durchget	führt, und von erfahrenen
2	Lehrveranstaltur	ngssprache: De	eutsch		
3	Lehrinhalte Physikalische Exp Es werden die v "Experimentellen erweitert. Neben Festkörperphysik können z.B. einz Versuchsanleitung experimentellen G werden müssen u Vorlesungen "Ein Festkörperphysik" Literatur: Es wird Verständnis erford Bergmann, Schäft Leo, Techniques f Thorne, Litzen, Jo	berimente und Me von den Studie Übungen für Ph weiterführende wird auch tiefer zelne Versuche gen enthalten Grundlagen, so d nd der Umgang hführung in die werden vorausg ein Skript zur derlich, u.a. er, Lehrbuch der for Nuclear and F bhansson, Spectr	essmethoden: renden erworbenen K ysiker I + II" vertieft ur in die Forschungsrich an den Lehrstühlen lediglich einen kurz ass die erforderlichen k mit (englischer) Fachze e Kern- und Teilche gesetzt. Verfügung gestellt. Zu Experimentalpysik 1-6 Particle Physics Experin rophysics (Springer 199	enntnisse und im Hinbli ementarteilc tung des Fa durchgeführ en Abriss Kenntnisse ir eitschriften g nphysik" so usätzliche Li (Walter de C nents (Sprin 9)	und Fähigkeiten aus den ck auf aktuelle Techniken hen-, Kern-, Atom- und achbereichs eingeführt, so t werden. Die jeweiligen der theoretischen und m Selbststudium erworben elernt wird. Die Inhalte der owie "Einführung in die teratur ist jedoch für das Gruyter 1990) ger 1994)
4	Kompetenzen Die Studierender durchzuführen, zu gelernt mit englise bzw. Analyseme Studierenden sin vertraut. Die Stud zu formulieren, z gelernt, im Team	n sind in der u analysieren un chsprachlicher Li thoden eine g d mit computerg ierenden sind in u dokumentiere zu arbeiten und i	Lage, komplexe Expe d den Sachverhalt wis iteratur zu arbeiten, sov eeignete Methode a gestützter Messdatener der Lage einen wissen n und seine Ergebniss miteinander wissenscha	erimente eig senschaftlick vie aus vers uszuwählen fassung un schaftlichen se kritisch z aftlich zu kor	jenständig zu verstehen, h darzustellen. Sie haben chiedenen Messtechniken und anzuwenden. Die d Experimentiersteuerung Arbeitsprozess sprachlich zu diskutieren. Sie haben nmunizieren.
5	Prüfungen Studienleistungen Modulprüfung: Be	: Vorbereitung, notetes Abschlu	Versuchsdurchführun sskolloquium (30 min).	g und test	ierte Versuchsprotokolle.
6	Prüfungsformer I Modulprüfu	n und –leistung ng: mündlich	en 🗌 Teille	istung	
7	Teilnahmevoraus Modul PHY341/44	ssetzungen 1			
8	Modultyp und Ve Pflichtmodul im Ba	erwendbarkeit d achelorstudienga	es Moduls ang Physik		
9	Modulbeauftragt Der Dekan	er	Zuständi Physik	ge Fakultät	
	Lehrende Alle Lehrenden de	er Experimentalp	hysik		

Module Semester 7 (Master)

Modul: Beschleunigerphysik (PHY711)

Studiengang: Master Physik							
Turnus: jährlich im WS	Dauer: 2 Semester	Studienabschnitt: 7./8. Studiensemester 1./2. Mastersemester	Credits 12	Aufwand 360 h			

1	Modulst	ruktur								
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS					
	1	Vorlesung	V	7	WS 3, SS 2					
	2	Übungen	Ü	3	WS 1, SS 1					
-	3	Seminar	S	2	SS 1					
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch									
3	 Lehrinhalte Einführung: Physikalische Grundlagen, Geschichte, Beschleunigertypen Transversale Strahldynamik: Magnete, Teilchenoptik, transversaler Phasenraum Longitudinale Strahldynamik: Hochfrequenzsysteme, longitudinaler Phasenraum Synchrotronstrahlung: Eigenschaften von Synchrotronstrahlung, Strahlungsdämpfung, Wiggler und Undulatoren, Synchrotronstrahlungsquellen Eine Auswahl aus folgenden Spezialthemen: Supraleitende Magnete und Hochfrequenzstrukturen, Strahldiagnose, ultrakurze Strahlungspulse, Freie-Elektronen-Laser, kollektive Phänomene, Hamiltonsche Strahldynamik, besondere Beschleunigeranlagen (z.B. energy-recovery- Linearbeschleuniger), neue Konzepte (z.B. Laser-Plasma-Beschleuniger) 									
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die Physik und Technologie von Teilchenbeschleunigern und lernen die wesentlichen Schritte bei der Auslegung eines Beschleunigers oder Speicherrings kennen. Im zweiten Semester lernen sie mehrere aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik kennen, wobei eine ausgewogene Mischung aus Theorie, experimenteller Physik und Beschleunigertechnologie angestrebt wird. Die Studierenden führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zu den jeweiligen Themen aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Matlab geübt wird. Das Seminarprogramm besteht aus je einem Vortrag pro Teilnehmer/in. Hierdurch üben die Studierenden, sich selbständig in ein Spezialthema einzuarbeiten und dieses verständlich darzustellen.									
5	 Früfungen Studienleistungen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben, aktive Teilnahme an den Übungen, ein Seminarvortrag (20-30 min) Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) 									
6	Prüfungs I Mod	sformen und –leistungen ulprüfung: mündlich	🗆 Teilleistu	ng						
7	 Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Programmierkenntnisse werden nicht vorausgesetzt. 									
8	Modulty Wahlpflic Nicht kor	o und Verwendbarkeit des Moduls htmodul im Masterstudiengang Physil nbinierbar mit PHY712 oder PHY812	< (Spezialisier	ungsmodul)						
9	Modulbe Dekan/in	a uftragte/r Physik	Zuständige Physik	Fakultät						

Modul: Beschleunigerphysik I (PHY712)

Studiengang: Master Physik und Medizinphysik								
Turnus: jährlich im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 7. Studiensemester 1. Mastersemester	Credits 6	Aufwand 180 h				

1	Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS			
	1	Vorlesung	V	4	3			
	2	Übungen	Ü+S	2	1			
2	Lehrvera	anstaltungssprache: Deutsch	•					
3	 Lehrinhalte Einführung: Physikalische Grundlagen, Geschichte, Beschleunigertypen Transversale Strahldynamik: Magnete, Teilchenoptik, transversaler Phasenraum Longitudinale Strahldynamik: Hochfrequenzsysteme, longitudinaler Phasenraum Synchrotronstrahlung: Eigenschaften von Synchrotronstrahlung, Strahlungsdämpfung, Wiggler und Undulatoren, Synchrotronstrahlungsquellen 							
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die Physik und Technologie von Teilchenbeschleunigern, der nicht nur für eine Karriere in Beschleunigerphysik, sondern auch für zukünftige Experimentatoren an einem Beschleuniger gewinnbringend ist. Die Studierenden lernen die wesentlichen Schritte bei der Auslegung eines Beschleunigers oder Speicherrings kennen. Sie führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zur Strahldynamik aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Matlab geübt wird.							
5	Prüfung Studienle Teilnahm Modulprü Prüfung	en eistungen: Regelmäßige erfolgreiche B ne an den Übungen üfung: Benotete mündliche Prüfung (3 sformen und –leistungen	Bearbeitung de 0 min)	r Übungsau	fgaben, aktive			
	⊠ Mod	ulprüfung: mündlich	🗆 Teilleistun	g				
7	 Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Vorkenntnisse in Beschleunigerphysik oder Programmierkenntnisse werden nicht vorausgesetzt. 							
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik							
9	Modulbe Dekan/in	e auftragte/r Physik	Zuständige F Physik	akultät				

Мо	dul: Ethik	der Naturwiss	senschaften								
St	udiengang	: Physik (B.S	c./M.Sc.), Medi	zinphys	sik (B.S	c./M.Sc	.)	Cradite		Aufwand	
Wi	ntersemest	er	1 Semester	12. 5	Sem.			3	5	90 h	
1	Modulstru	uktur									
	Nr. Element / Lehrveranstal		ehrveranstaltun	ıg		Тур	Cre	dits	SW	VS	
	1 Seminar				S	3		2			
2	Lehrverar	nstaltungssp	rache: Deutsch								
3	Lehrinha 1. Histor Ethik' prakti und V 2. Grund Mens 3. Physi Ethiso tause 4. Spezi Verte Appa Kriter Heinr Krone Hand Marie Biowi	alte rische Position (), Kant (Der k ischen Vernur /orstellung"), I dlagen der ge ichen) Hans J k im Krieg: Di che Funktion (althemen zur ilungsproblem rate abschalte ium? Präimpla ichs (Hrsg) (2 es, T., Eiching buch Technik -Luise (Hrsg.) klopädie zu Pl rial des dt. Eth ssenschaften	nen: Aristoteles (ategorische Imp (ategorische Imp (ange (Ethik und genwärtigen Dis onas ("Das Prinz e Farmhall-Proto des Krieges ("Re ethischen Verar ne bez. medizinte en? Leben künst antations-Diagno (015) Handbuch (2013) Met (2013) Met (20	(Grundle perativ ir uer (Nati d Materi kussion zip Vera okolle (E eport fro ntwortur echnisco lich verl bioethik dizinett ziler; Sto gewandt Vissenso E (Deut	egung o urwisse alismus alismus c Günth intwortu Bernstei m Iron ng in de her Res ängern irndopir c. Metzl hik. Spr oecker, e Ethik chaften sches F	der Disku etaphysi nschaft in der "(er Ande ing"; "Te Mountain ? Medizin ? Organt ng? Liter er; Biller inger; Ar Ralf, Ne (2011) M , Meiner Referenz	ussior k der und E Gescl rs (Di cchnik rs Ura n"), R n und (Ger transp atur c -Ando rmin (cuhäu Metzle (1990 zzentr	n in der Sitten Ethik in hichte o e Antiq anium (obert J Neuro cate, Me blantatio dazu: D orno, N Grunwa ser, Ch er; Euro 0), weit	, Niko und K der "\ des M uierth tin un Club") ungk wisse edikar on/Hin ieter ., Mon ild (Hin päiso ere R Ethik	omachischen (ritik der Velt als Wille (aterialismus) neit des d Ethik") , Navasky, ("Heller als enschaft: z.B. mente); rntod- Sturma, Bert nteverde, S., rsg.): n, Raters, che tessourcen: in den	
4	Kompeter Die Studie weiteren V von Grund Entscheide Dazu erwe erarbeiten herauszua Sie sind in wesentlich moderner Sie könne	nzen erenden erwer /orträge und b dpositionen de ungsprobleme erben Sie die und die für di arbeiten und a der Lage, sic nen Inhalte ve Präsentations n in einer wiss	ben durch Selbs begleitenden Dis er Ethik und dere e bei naturwisser Fähigkeit, Facht ie Physik bzw. N uf die gegenwär ch in ein komplex rständlich zu prä stechnicken und senschaftlichen I	ststudiur kussion en Anwe nschaftl exte aus laturwiss tige ges kes Geb issentiere können Diskuss	n zu ihr en ein v ndungs ich bzw s dem (senscha sellscha biet selb en. Dab diese e ion ihre	em eige vertieftes möglich . technis Gebiet de aften rele ftliche S ständig ei verfüg einsetzer n Stand	nen V s Wiss keit in cch in evant ituatio einzu gen S n. punkt	/ortrag, sen übe n Hinblid duzierte losophi en Kerr on zu b arbeite ie über verteid	durc er die ck au en Pro ie inh nfrage ezieh n und Kenr ligen.	h die Begründung f oblemen. altlich zu en. en. die ntnisse	
5	Prüfunger Studienleis Modulprüf	n stung: Semina ung: wird zu E	arvortrag 3eginn der Verar	nstaltun	g bekar	intgegeb	en.				
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und - Ilprüfung: sc	-leistungen hriftlich oder m	ündlicł	۱	🗆 Tei	illeist	ung			
7	Teilnahm keine	evoraussetzı	ungen								
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwen ul im Bachelor	dbarkeit des Me - und Masterstu	oduls diengan	ig Phys	ik, Mediz	zinphy	ysik			
9	Modulbea Prof. Dr. D	uftragte/r r. W. Rhode			Zustä Physik	ndige Fa	akultä	ät			

Modul: Seminar: Soft Matter und Biophysik: Experiment und Theorie (PHY713)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik, M.Sc. Medizinphysik								
Turnus: jährlich im WS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: Empfohlen: 1. Sem. (M.Sc.) 5. Sem. (B.Sc.)	Credits 3	Aufwand 90 h				

1	Modulstr	uktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Ту	'n	Credits	SWS			
	1 Selbststudium und eigener Vortrag S 3 2								
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch			L	•			
3	 Das Seminar besteht aus Präsentationen der Studierenden zu Themen aus den Bereichen Soft Matter und Biophysik: Experimentelle Methoden und theoretische Konzepte aus den Bereichen Soft Matter und Biophysik, z.B.: Soft Matter: Experimentelle Techniken wie Röntgenkleinwinkelstreuung und Röntgenreflektivität, Theorie von Kolloiden (harte Kugeln), Flüssigkristallen, Membranen und Vesikeln, Polymeren (DNA), etc. Biophysik: Experimentelle Methoden wie Röntgenstrukturanalyse und Proteinkristallisation, hochauflösende Mikroskopie, Theorie und Simulation von Proteinen und Proteinfaltung, molekulare Motoren, Viren etc. 								
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen die verschiedensten experimentellen Methoden und theoretischen Konzepte kennen, die in dem interdisziplinären Feld der Forschung an Weicher Materie und Biophysik zum Einsatz kommen. Daneben eignen sich die Studierenden auch Präsentationstechniken zur Wissensvermittlung und Diskussionstechniken an.								
5	Prüfunge Studienle Modulprü	e n istung: Aktive Teilnahme an den Disk fung: Benoteter eigener Vortrag (30m	ussionen i in + 15min	m An Diskı	schluss an c ussion)	lie Vorträge.			
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: eigener Vortrag	C] Tei	lleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Physik I-IV sowie ggf. Thermodynamik und Statistik (Theorie). Es wird empfohlen, das Modul erst im Masterstudiengang zu belegen.								
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Masterstudiengängen Physik und Medizinphysik (sowie im Bachelorstudiengang Physik)								
9	Modulbea Prof. J. Ki	auftragte/r erfeld, Prof. M. Tolan	Zuständi Physik	ge Fa	kultät				

Module: Master module Molecular simulation of soft matter and biological materials (PHY714)

Degree program: Physics (M.Sc.)								
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load				
Winter semester	1 Semester	First or second sem.	6	180 h				

1	Module structure					
	No.	Element / course		Туре	Credits	Contact hours
						per week
	1	Lecture with practical course (exerci	se)	L+E	6	3+1
2	Languaç	ge: English				
3	Content Applicat - Biologic - Industri	ions in relevant molecular systems cal soft matter: Proteins and lipid mem al materials: Polymers, metals, surfac	: branes tants ar	nd graph	ene.	
	 Simulations of molecular systems: Molecular dynamics: underlying approximations, efficient algorithms, integration of Newton's equations of motion, time reversibility, ensembles (barostats and thermostats). Monte-carlo simulations and heuristic sampling methods (e.g., Evolutionary algorithms) Coarse-graining and mesoscopic simulation methods. Free energy calculations: Reaction coordinates, free energy perturbation, thermodynamic					
	Non-equ	illibrium thermodynamics: Jarzynsk	s. i Equat	ion and (Crooks Theo	rem
4	Learning Students mechanie manner. from the interdisci them and	g outcome s learn to apply modern compter m cs) to molecular systems of soft matter The power and relevance of these met scientific literature. In the exercises, iplinary subject area of soft matter in d to discuss them in the group.	ethods er and hods ai studer to a co	(from th biologica re demor nts learn mputiona	ne fields of Il physics in Istrated usin to translate al-physical p	statistical physics, an interdisciplinary g exciting examples problems from the problem, to address
5	Course v Course v Module e beginnin	vork and examination requirements vork: Practical exercises exam: Graded written exam (120min) g of the course.	or oral	exam (30) min), will b	e announced at the
6	Examination Image: Module examination: written or oral exam Image: Description of the examination of the					
7	Prerequ Physics	isites	Statiatia			
0	Module	tuno	งสแรแต	5		
0	Elective	יאלה module				
9	Response Prof. H	sible J. Risselada	Orgar Depar	nization tment of	Physics	

Modul: Seminar: Aktuelle Probleme aus dem Bereich der Nutzung von Synchrotronstrahlung und der Tunnelmikroskopie (**PHY722)**

M.S	cStudien	gang Physik						
Turi	nus:	Dauer:	Studienabschn	itt: Cre	edits	Aufwand		
jede	s Semester	1 Semester	12. Semester	nester 3 90 h				
4								
1	Modulstr							
	Nr.	Element / Lenrveranstaltung			Credits	SWS		
	1	Selbststudium und eig	ener Vortrag	S	3	2		
2	Lehrverar	nstaltungssprache: D	eutsch/Englisch					
	Das Seminar besteht aus Präsentationen der aktuellen Forschung aus den Bereichen der Nutzung von Synchrotronstrahlung und der Tunnelmikroskopie. Neueste Messungen aus laufenden Arbeiten und Publikationen werden vorgestellt. Aktuelle Messungen mit Synchrotronstrahlung und Tunnelmikroskopie werden präsentiert und diskutiert. Neueste Publikationen aus den Gebieten werden referiert Literatur: wird im Semina zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben /bereitgestellt.					n Bereichen der Messungen aus rden präsentiert und tur: wird im Seminar		
4	Kompeter Die Stud Synchrotro Tunnelmik	nzen Jerenden lernen den Donstrahlung zum Studiu roskopie und –spektro	Stand der Forso um von Ober- und skopie sowie der Cl	chung ir Grenzflä usterphys	n den Geb chen sowie sik kennen.	pieten Nutzung von aus dem Gebiet der		
5	Prüfunge Studienleis Modulprüf	n stung: Aktive Teilnahm ung: Benoteter eigener	e an den Diskussio Vortrag zu einem T	nen im Ar hema aus	nschluss an s der aktuelle	die Vorträge. en Forschung.		
6	Prüfung: ⊠ Mod	sformen und –leistung ulprüfung: eigener Vo	jen rtrag	ПΤ	eilleistung	g-		
7	Teilnahm Vertiefte K	evoraussetzungen ienntnisse in Festkörpe	rphysik und Oberflä	chenphys	sik			
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit o Il im Masterstudiengang	des Moduls g Physik					
9	Modulbea Dekan(in)	u ftragte(r) Physik	Zust a Physi	i ndige F a k	akultät			

Modul: Seminar: Schlüsselexperimente in der Teilchenphysik (PHY723)

Studiengang: M.Sc. Physik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich	1 Semester	1./2. Sem (M.Sc)	4	120 h		

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
•		Seminar	S Tradicale	4	Z		
2	Lenrver	anstaltungssprache: Deutsch oder E	Inglisch				
3	Lehrinhalte Schlüsselexperimente in der Teilchenphysik, insbesondere grundlegende Entdeckungen und die Entwicklung experimenteller Schlüsseltechnologien. Dazu gehören u.a. das Wu- Experiment, die Entdeckung des Higgs-Bosons und die Entwicklung von Halbleiterdetektoren für die Teilchenphysik. Die Experimente werden in ihren historischen Kontext gesetzt und ihre Bedeutung für die Teilchenphysik wird herausgearbeitet.						
4	Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Fachgebiet der Teilchenphysik durch ein Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion und durch die Anfertigung einer schriftlichen Zusammenfassung zum gesamten Kursinhalt werden wissenschaftliche Diskussions- und Schreibtechniken erworben.						
5	Prüfunge	en					
	Studienle	istung: Aktive Teilnahme an den Disk	ussionen im An	schluss an o	die Vorträge.		
	Zusamm	enfassung des gesamten Kurses	una Amerigung	emer schm	liichen		
6	Prüfung	sformen und –leistungen					
	🗆 Mod	ulprüfung:	Teilleistunger	n: eigener V	ortrag und		
			schrift	liche Zusar	nmenfassung		
7	Teilnahr	nevoraussetzungen					
	Kenntnis	se aus der Einführung in die Kern- un	d Elementarteil	chenphysik			
8	Modulty Wahlmod	p und Verwendbarkeit des Moduls dul im Studiengang Master Physik					
9	Modulbe	eauftragte/r	Zuständige Fa	akultät			
	Dekan/in	der Fakultät Physik	Physik				

Modul: Messmethoden in der Oberflächenphysik (PHY724)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich im WS	1 Semester	M.Sc.:1. Sem.	6	180 h		

Modulstruktur

•	modulist	antai			
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit Übung	V + Ü	6	3 + 1
		•			-

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

3 Lehrinhalte

Die Vorlesung besteht aus einem theoretischen Teil mit Bezug zu und Beispielen aus der Praxis:

Grundlegende Konzepte der Oberflächenphysik; experimentelle Voraussetzungen; Einführung in die wichtigsten Messmethoden; Beschreibung und Nomenklatur in der Oberflächenphysik; Elektronische und strukturelle Eigenschaften von Oberflächen; Wechselwirkungen an Oberflächen; Oberflächenzustände; Atome und Moleküle auf Oberflächen, organische molekulare Filme, Einblick in die Nanotechnologie: Nanostrukturen, Mikro- und Nanoherstellung von Strukturen, Mikro- und Nanoanwendungen

<u>Literatur:</u> Henzler/Göpel, Oberflächenphysik des Festkörpers, F. Bechstedt/P. Herzog, *Principles of Surface Physics*, K. Kopitzki *Einführung in die Festkörperphysik*, W. Mönch, *Semiconductor Surfaces and Interfaces*; S. Morita/R.Wiesendanger/E.Meyer (Eds.), *Noncontact Atomic Force Microscopy*; W. Schattke/M.A.Van Hove (Eds.), *Solid-State Photoemission and Related Methods*; B. Bushan (Ed.), *Springer Handbook of Nanotechnology*; D.P. Woodruff/T.A. Delchar, *Modern Techniques of Surface Science—Second Editon*

4 Kompetenzen

Die Studierenden kennen die Grundlagen der Oberflächenphysik und Oberflächen-spezifische Techniken: diese sind notwendige Voraussetzungen und erlauben frühe experimentelle Zugänge. Sie beherrschen die wichtigsten in der Oberflächenphysik eingesetzten Messmethoden von der theoretischen Seite. Die Studierenden kennen die jeweiligen Stärken und Grenzen der Methoden, dabei überschauen Sie die jeweiligen Vor- und Nachteile von eingesetzten Techniken.

Die Studierenden treffen notwendige Unterscheidungen zwischen Volumen- und oberflächenspezifischen Techniken zum zielgerichteten Charakterisieren von Materialien, deren Eigenschaften erläutern sie an Hand von Beispielen. Dazu kennen sie die wichtigsten Wechselwirkungsmechanismen von Atomen und Molekülen mit Oberflächen. Diese Grundlage verwenden sie für folgende Einblicke in Anwendungen in der Nanotechnologie.

5	Prüfungen		
	Studienleistungen: Hausaufgaben.		
	Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30) min)	
6	Prüfungsformen und –leistungen		
	🗵 Modulprüfung: mündlich	☐ Teilleistung	
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Experimentelle Übungen I/II un	d Festkörperphysik	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik		
9	Modulbeauftragte/r Prof. C. Westphal	Zuständige Fakultät Physik	

Stu	diengang:	Physik (B.Sc./M.Sc.), M	edizinphysik (B.So	c./M.Sc	.)	
Tur unre	nus: egelmäßig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnif 3./4. Studienjahr	tt: Cr 3	edits	Aufwand 90 h
1	Modulst	ruktur				
	Nr.	Element / Lehrveransta	lltung	Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung		V	3	2
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Eng	lish			
3	Lehrinha	te	·			
	Lumineso Excitons: free excito Phonons polarons, Semicono absorption transitions Literatur: Semicond Semicond	cence: light emission in so the concept of excitons, f ons at high densities, tight infrared active phonons, Raman scattering, Brilloui ductor quantum wells: C n and excitons, the quantu C. Klingshirn, Semicondu uctors; M. Fox, Optical pro- uctors and their Nanostru	blids, photolumines free excitons (Mott- ly bound (Frenkel) of infrared reflectivity in Quantum confined s im confined Stark e ictor Optics, P. Yu a operties of Solids; of ctures.	cence, e -Wannie excitons and ab tructure ffect, op and M. (J. Shah,	electrolumin er), free exci s sorption in p s, electronic otical emissi Cardona, Fu Ultrafast Sp	escence tons in external fields, polar solids, polaritons e levels, optical on, intersubband ndamentals of pectroscopy of
4	Kompete Students materials possibilitie and shows modern sp	nzen will gain insight into the p by learning basic experime es in basic research and in s students their relevance pectroscopic methods is c	hysical principles c ental methods of sol dustry. The lecture for modern applica omplemented by di	of optica lid state ties in v tions. TI rect exa	I properties spectroscop vith fundame he understat amples.	of different classes or by and their application ental physics problems nding of traditional and
5	Prüfunge Modulprüf	n ïung: Benotete mündliche	Prüfung (30 min)			
6	Prüfung ⊠ Mod	sformen und –leistunge ulprüfung: mündlich	n 🗆 Tei	lleistur	ng	
7	Teilnahm Grundken	evoraussetzungen ntnisse Festkörperphysik	und Elektromagnet	ismus		
8	Modultyp Wahlpflich	und Verwendbarkeit de htfach	s Moduls			
9	Modulbea	auftragte(r)	Zustä	ndige F	akultät	

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

Stu	Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik							
Turi	nus:	Dauer	r:	Studienab	schni	tt: Cre	dits	Aufwand
jede	s Semeste	r 1 Sem	nester	12. Sem.	M.Sc.	3		90 h
1	Modulst	ruktur						
	Nr.	Element / Lel	hrveransta	Ituna		qvT	Credits	SWS
				J		7 1		
	1	Selbststudium	n und eigene	er Vortrag		S	3	2
2	Lehrvera	nstaltungsspr	ache: Deut	tsch				
3	Lehrinha	te						
	Das Sem	inar besteht a	aus Teilgeb	ieten der a	iktiven	Forschu	ing mit Spe	eicherringen und mit
	Synchrotr	onstrahlung:			•			
	Aktuelle P	robleme der El	rzeugung ui	nd aktuelle A	Anwen	dungen r	nit Synchrot	ronstrahlung;
	Röntgenh	oer Fesikorpe	rpnysik zur nische und i	Forschung i strukturelle l	Figens	chaften v	nicht im weit von Oberfläc	chen bis narien
	l iteratur	wird im Semin:	ar zu den ie	weiligen Th	emen l	bekannt (pegeben /be	reitaestellt
4	Kompete	nzen	ai za den je	nengen m			90900011,00	rengeetent
	Die Studie	erenden kenner	n aktuelle P	robleme bei	der Ei	zeugung	ı von Synchı	rotronstrahlung.
	Dazu disk	utieren sie moo	derne Metho	oden zur Ch	arakte	risierung	von Beschle	eunigern. Zur
	Beschreib	ung von Oberfl	lächen wird	heute Sync	hrotror	nstrahlun	g in vielen B	ereichen eingesetzt,
	zum Beisp	oiel der Physik,	Chemie un	d Biologie.	Diese	Methode	n verbinden	in der modernen
	Forschung) die Diszipline	n. Durch da	as gemeinsa	ame Se	eminar au	us dem Bere	ich der Erzeugung
	Von Synch	irotronstrahlun	g und dem l	Bereich der	Anwer	ndungen	Wird die lea	amfahigkeit gefordert.
	Die Studie	räsentationste	chniken die	sio mit oine	nren zu	ur wisser onon Boi	trad vertiefe	n Eerner können sie
	unterschie	dliche Method	en und Tecl	hniken des l	Einsatz	zes von S	Synchrotrons	strahlung in der
	Forschung	, zur Oberfläch	en- und vol	umenspezifi	ischen	Analyse	kontextbezo	ogen gegeneinander
	abwägen	und problemge	richtet disk	utieren.		, and yee		gen gegeneniander
_		. 0						
5	Prüfunge	n	a Taileah		alusat		Annahlurr -	n die Vertränn-
	Studieniei Modulprüf	stungen: Aktiv	e Tellnanm	e an den Dis	SKUSSIO	omen im <i>I</i>	Anschluss al	n die Vortrage.
6	Prüfung	sformen und	leistunger	n i ay zu ein n				in Foischung.
	⊠ Mod	ulprüfuna: eic	ener Vortr	aq	🗆 Tei	illeistund	a	
			,	-9				
7	Teilnahm	evoraussetzu	ngen					
	Vorkenntr	isse aus Festk	örperphysik	oder Besch	hleunig	erphysik	(wenn mög	lich)
8	Modultyp	und Verwend	lbarkeit des	s Moduls				
	Wahlmod	ul im Masterstu	idiengang P	hysik	T			
9	Modulbea	uftragte/r			Zustä	ndige Fa	akultät	
	Dekan/in l	Physik			Physil	κ		

Мо	odul: Atomar aufgelöste Oberflächen- und Grenzflächenanalyse (PHY727)							
Stu	diengänge	e Physik	B.Sc. und N	I.Sc.; und Medi	zinphy	sik B.S	Sc. und M.So	C.
Tur	nus:		Dauer:	Studienal	oschnit	t: C	redits	Aufwand
jähr	lich im SS		1 Semester	56. Sem	(B.Sc)	3		90 h
				13. Sem	(M.Sc)			
1	Modulst	ruktur						
ľ	Nr. Element / Lehrveranstaltung				Τνρ	Credits	SWS	
			g					
	1	Vorlesu	ing			V	3	2
2	Lehrvera	nstaltun	gssprache:	Deutsch	I			
4	 Lenrinnaite Einführung: Grundlegende Eigenschaften von Oberflächen / Grenzflächen; Methoden zur Realraumabbildung (Rastertunnelmikroskopie, Rasterkraftmikroskopie etc.); Beugung mit Elektronen- und Atomstrahlen an Oberflächen; Untersuchung von Nanostrukturen an Oberflächen; Röntgen- und Neutronenstreuung (Grundlagen); Röntgenreflektivität an Oberflächen und Grenzflächen: Theorie und Beispiele. Kompetenzen Die Studierenden lernen verschiedene Methoden zur Untersuchung der nanoskopischen Struktur von Oberflächen und Grenzflächen, bis hin zu Methoden mit atomarer Auflösung kennen Insbesondere werden Methoden zur Realraumabbildung mit Beugungsmethoden verslichen. 							
	Forschun	g ergänz	t. Anwendung	gfelder wie die N	lanotec	nnolog	ie werden au	ifgezeigt.
5	Prüfunge	en funa: Poi	oototo mündli	aha Madularöfu	na (20 r	nin) od	or kurzor od	briftligher Teat
6	Prüfung	sformer lulprüfu	n und –leistu ng: mündlich	ngen n oder schriftlic	:h	□ Teil	leistung	
7	Teilnahm Kenntniss	evoraus e aus de	s etzungen er Festkörperp	ohysik				
8	Modultyp Wahlmod	und Ve ul im Bao	rwendbarkei chelor- oder N	t des Moduls /lasterstudienga	ng Phys	sik.		
9	Modulbe Dekan(in)	a uftragte Physik	ə(r)		Zustäi Physik	ndige l	Fakultät	

Modul: Seminar: Festkörperspektroskopie (PHY728)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
jedes Semester	1 Semester	12. Sem. M.Sc.	3	90 h			

Modulstruktur

•	modulou									
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS					
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2					
	l	· · · · · · · ·								

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch/Englisch

3 Lehrinhalte

Das Seminar beschäftigt sich mit Teilgebieten der aktiven Forschung, vorwiegend mit der magnetischen Resonanz, aber auch der dielektrischen und optischen Spektroskopie von Festkörpern:

Neuartige methodische Entwicklungen der Kern- und Elektronenspinresonanz sowie verwandter Spektroskopieverfahren und deren Anwendung auf quantenphysikalische,

materialwissenschaftliche und medizinphysikalische Fragenstellungen

Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben / bereitgestellt

4 Kompetenzen

Die Studierenden besitzen eine Übersicht über einige wesentliche spektroskopische Methoden zur Untersuchung sowohl von harter als auch von weicher Materie. Begleitet durch die Dozenten, lernen die Studierenden anhand der Originalliteratur ein spezielles Forschungsgebiet näher kennen und können es für die Darstellung in einer Präsentation strukturiert aufarbeiten. Durch die obligatorische regelmäßige Teilnahme verfügen Sie über einen Überblick auch über andere aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich der Festkörperspektroskopie. Der vorgeschriebene eigene Vortrag schult Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken.

5 Prüfungen

Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.

6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag	☐ Teilleistung
7	Teilnahmevoraussetzungen	
	Kenntnisse in Festkörperphysik	
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls	
	Wahlmodul im Masterstudiengang Physik	
9	Modulbeauftragte/r	Zuständige Fakultät
	Dekan/in Physik	Physik

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

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich	1 Semester	12. Sem. M.Sc.	3	90 h		

1 Modulstruktur

•								
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS			
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2			

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch

2 Lehrverans 3 Lehrinhalte

Das Seminar besteht aus Teilgebieten zu Grundlagen von Laserprozessen und zur aktiven Forschung mit Lasern:

Laserprozesse, Lasertypen (Festkörper-, Gas-, Halbleiter-, Elektronenlaser etc.), Erzeugung und Anwendung ultrakurzer Laserpulse, Erzeugung und Anwendung extrem schmalbandiger Laser, Hochleistungslaser, Laser für Kommunikation und Nachrichtenübertragung, Laser in der Medizin

Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben /bereitgestellt

4 Kompetenzen

Die Studierenden lernen aktuelle Probleme bei der Erzeugung und Nutzung von Lasern kennen. Der vorgeschriebene eigene Vortrag schult Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. Unterschiedliche Vorgehensweisen und Arbeitsmethoden gewähren einen Überblick der Forschung mit Laserstrahlung.

5 Prüfungen

Dekan(in) Physik

Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.

	modulpruluing. Denoteter eigener vortrag a	zu einem mema aus der aktuellen i ofschung.
6	Prüfungsformen und –leistungen	
	Modulprüfung: eigener Vortrag	☐ Teilleistung

7	Teilnahmevoraussetzungen Vorkenntnisse aus Festkörperphysik oder Festkö	örperspektroskopie
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik	
9	Modulbeauftragte(r)	Zuständige Fakultät

Physik

Modul: Seminar: Teilchen- und Astroteilchenphysik (PHY7210)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
iedes Semester	1 Semester	12. Sem. M.Sc.	3	90 h		

1	Modulstruktur							
	Nr. Element / Lehrveranstalt		g Typ		Credits	SWS		
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	1	S	3	2		
2	Lehrveran	staltungssprache: Deutsch			·			
3	Lehrinhalte Im Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der experimentellen Teilchen- und Astroteilchenphysik und verbindender Gebiete wie Kosmologie und Kernphysik behandelt. Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt							
4	Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben.							
5	Prüfunger Studienleis Modulprüft	n stungen: Aktive Teilnahme an den D ung: Benoteter eigener Vortrag.	iskussior	nen im A	nschluss an	die Vorträge.		
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: eigener Vortrag	🗆 Teil	leistun	9			
7	Teilnahme Vorkenntni	evoraussetzungen sse aus dem Modul "Einführung in d	die Kern-	und Ele	ementarteilch	enphysik" (PHY522)		
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls I im Masterstudiengang Physik						
9	Modulbea Dekan(in)	uftragte(r) Physik	Zustär Physik	ndige Fa	akultät			

Modul: Seminar: Neutrino- und Gammaastronomie (PHY7211)						
Studiengang: M.Sc.	(und B.Sc.) Ph	ysik				
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jedes Semester	1 Semester	12. Sem (M.Sc)	3	90 h		

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	4						
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2		
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch oder Er	nglisch				
3	Im Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der Neutrino- und Gammaastronomie und verbindender Gebiete wie Kosmologie und Teilchenphysik behandelt. Methoden der Analyse der großen, in diesen Gebieten anfallenden Datenmangen, können ebenfalls behandelt werden. <u>Literatur:</u> wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt.						
4	KompetenzenDie Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zuIhrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im BereichwissenschaftlicherRecherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werdenwissenschaftliche Diskussionstechniken erworben.						
5	Prüfunger Studienleis Modulprüft	n stungen: Aktive Teilnahme an den Dis ung: Benoteter eigener Vortrag.	kussionen im <i>i</i>	Anschluss an	die Vorträge.		
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag □ Teilleistung						
7	Teilnahm Kenntniss	evoraussetzungen e aus Einführungen in die ł	Kern- und	Elementarteil	lchenphysik sowie		
L	Astroteilch	nenphysik					
8	Modultyp Wahlmod	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik					
9	Modulbea Prof. W. F	auftragte/r Rhode	Zuständige Physik	Fakultät			

Modul: Seminar: Teilchenphysikalische Aspekte Kosmischer Strahlung (PHY7212)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
fakultativ	1 Semester	12. Sem (M.Sc)	3	90 h		

1	Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Selbststudium und eigener Vortrag		S	3	2
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch oder Er	nglisch			
3	LehrinhalteIm Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der Kosmischen Strahlung und benachbarter Gebiete behandelt. Besonderes Augenmerk liegt auf Teilchenphysikalischen Aspekten.Aspekten.Literatur:wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt.					
4	KompetenzenDie Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zuIhrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im BereichwissenschaftlicherRecherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werdenwissenschaftliche Diskussionstechniken erworben.					
5	Prüfunge Studienleis Modulprüf	n stungen: Aktive Teilnahme an den Dis ung: Benoteter eigener Vortrag.	skussio	nen im A	nschluss ar	n die Vorträge.
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag □ Teilleistung					
7	Teilnahm Kenntniss Astroteilch	evoraussetzungen e aus Einführungen in die ł nenphysik	Kern-	und E	lementarteil	chenphysik sowie
8	Modultyp Wahlmod	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik				
9	Modulbea Prof. W. F	auftragte/r Rhode	Zustä Physił	ndige Fa	akultät	

Modul: Seminar: Moderne Optik (PHY7213)							
St	udiengang	1: M.S	Sc. (und B.Sc.) P	hvsik: M.Sc. (und B.	Sc.) Me	dizinphysik	
Τu	irnus:		Dauer:	Studienabschnitt:		Credits	Aufwand
na	ch Bedarf i	m	1 Semester	13. Sem (M.Sc)		3	90 h
SS	6						
1	Modulstr	uktur					
	Nr.	Elen	nent / Lehrveran	staltung	Тур	Credits	SWS
				•			
	1	Sem	inar		S	3	2
2	Lehrvera	nstal	t ungssprache: D	eutsch			
3	Lehrinhal	te					
	Neuartige	meth	odische Entwicklu	Ingen zur Kontrolle de	es Lichti	elds und mo	derne optische
	Grundlage	201 Senfors	chung der Materi	alwissenschaft und d	er Medi	zinphysik	
	Literatur:	wird ir	n Seminar zu den	n jeweiligen Themen k	pekannt	gegeben/ber	eitgestellt.
_							-
4	Kompete	nzen	don lornon aktu	ollo ontischo Vorfak	aron un	d Apwondu	ingon konnon Dio
	Studieren	den e	rarbeiten sich anl	hand der Originalliter	atur ein	abaearenzte	s Forschungsthema
	und arbe	iten (es für eine Präs	sentation auf. Der v	/orgesch	nriebene eig	ene Vortrag schult
	Kompeter	nzen i	m Bereich wisser	nschaftlicher Rechero	che- uno	d Präsentatio	onstechniken. In der
	anschließ	ender	n Diskussion	erlernen die	Stu	dierenden	wissenschaftliche
	Diskussio Die Breite	nsiec der]	nniken. Themen dewährt (den Studierenden ein	en Über	blick über di	e Nutzung ontischer
	Verfahren	SOW	ohl in der Forschu	ing als auch für indus	trielle A	nwendungen	
				5		5	
5	Prüfunge	n					
	Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge.						
6	Prüfunas	form	en und –leistung	ien	ema au		en Foischung.
Ŭ	⊠ Modu	lprüf	ung: eigener Vo	rtrag 🛛 Tei	lleistun	q	
		•				-	
7	Teilnahm	evora	aussetzungen				
	Vorkenntr	nisse	aus Festkörperph	ysik			
8	Modultyn	und	Verwendbarkeit	des Moduls			

Ŭ	Wahlmodul im Masterstudiengang Physik	
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät Physik

Mo	Modul: Quantenoptik (PHY7214)							
St	udiengang	j: Ph	ysik (M.Sc.)					
Tu	irnus:		Dauer:	Studienabschnitt:		Cr	edits	Aufwand
na	ch Bedarf i	m	1 Semester	13. Sem (M.Sc)		3		90 h
VV	3							
1	Modulstr	uktu	r					
	Nr.	Elei	ment / Lehrvera	nstaltung	Тур		Credits	SWS
				U				
	1	Vor	esung		V		3	2
2	Lehrvera	nstal	tungssprache:	Deutsch			I	
3	Lehrinhal Quantisier und Fockz Materie-W Jaynes-Cu schwache Literatur: N Optics, Wa	te ung d ustär echs ummi Mes Mand alls/M	des Lichtfelds, di nde, kontinuierlic elwirkung, Rotati ngs-Modell und f sungen, Verschra lel/Wolf: Optical (filburn: Quantum	skrete Variablen, Photo he Variablen, Wignerfu ng-Wave-Approximatic Rabioszillationen, Mollo änkung, Kausalität und Coherence and Quantu Optics, W. Schleich: G	onens inktion on, Ca owtrip der I der I um Op Quanti	atatis nen avity lett Dela otics um (stik, Korrela und Squee -Quantenel und Resona yed Choice , Scully/Zut Optics in Ph	ationsfunktionen zed Light, Licht- lektrodynamik, anzfluoreszenz, e Quantum Eraser pairy: Quantum nase Space
	Die Studierenden lernen grundlegende Effekte der Quantenoptik und den adäquaten theoretischen Formalismus zu ihrer Beschreibung kennen. Dies befähigt die Studierenden dazu, Originalarbeiten selbständig zu verstehen und vermittelt ihnen die nötige Kompetenz, um Abschlussarbeiten sowohl im Bereich der experimentellen Quantenoptik als auch im Bereich der Theorie der Licht-Materie-Wechselwirkung erfolgreich anfertigen zu können.							
5	Prüfunge Modulprüf	n nuna.	Benotete mündli	che Modulprüfung (30 i	min)			
6	Prüfungs	form	en und -leistun	iqen				
	⊠ Modu	ılprü	fung: mündlich		🗆 Tei	illei	stung	
7	Teilnahm Kenntniss	evor e au:	aussetzungen: s Physik I-IV und	höherer Quantenmech	nanik			
8	Modultyp Wahlmodu	und ul im	Verwendbarkei Masterstudienga	t des Moduls Ing Physik				
						_		

9Modulbeauftragte/r
Dekan/in PhysikZuständige Fakultät
Physik

Modul:	Seminar:	Lesekurs z	zur Teilch	enphysik	(PHY7215)
					· · · · · · · — · • /

Studiengang: Physik (M Sc., B Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf im	1 Semester	1./2. Sem (M.Sc)	3	90 h			
WS							

1	Modulstr	uktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	1	Seminar	S	3	2		
2	Lehrvera	nstaltungssprache:					
	Deutsch o	oder Englisch					
3	Lehrinhalte In dem Seminar werden Schwerpunkte auf spezielle Themen in der Teilchenphysik gelegt, z.B. Dunkle Materie, Neutrinos oder Top-Quark-Physik.						
4	Kompetenzen Die Teilnehmer lesen zur Vorbereitung des Seminars vorgegebene Publikationen und müssen sich selbstständig um weiterführende Literatur bemühen. Die Publikationen werden während des Seminars im Detail diskutiert und in den Kontext der Teilchenphysik eingeordnet. Dadurch sollen das Lesen von wissenschaftlichen Arbeiten geübt und Diskussionstechniken erlernt werden. Des Weiteren sollen von den Teilnehmenden Zusammenfassungen der Diskussion angefertigt werden, welche an dem Konzept der Konferenzverhandlungen angelehnt sind.						
5	 5 Prüfungen 5 Studienleistungen: schriftliche Zusammenfassungen der Diskussionen. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung. 						
6	Prüfungs ⊠ Modı	formen und –leistungen Ilprüfung: mündlich	□ Teilleistu	ng			
7	Teilnahm Kenntniss	evoraussetzungen e aus der Einführung in die Kern- und	l Elementarte	ilchenphysik			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik						
9	Modulbea	auftragte/r	Zuständige	Fakultät			
	Dekan(In)	aer Physik	Physik				

Modul:	Seminar:	Radioastronomie	(PHY7217)
moaan	oominan.	r taaloaoti on on on o	\• • • • • - • • /

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
jedes WS	1 Semester	12. Sem (M.Sc)	3	90 h			

1	Modulstr	uktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Selbststudium und eigener Vortrag		S	3	2
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch				
3	LehrinhalteIm Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der Radioastronomiebehandelt.Literatur:wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt.					
4	Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben					
5	Prüfunge Studienleis Modulprüf	n stungen: Aktive Teilnahme an den Dis ung: Benoteter eigener Vortrag.	kussio	nen im A	Anschluss ar	n die Vorträge.
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: eigener Vortrag	🗆 Teil	leistung	J	
7	Teilnahm Kenntniss Astroteilcl	evoraussetzungen e aus Einführungen in die k nenphysik	Kern-	und E	lementarteil	chenphysik sowie
8	Modultyp Wahlmod	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik				
9	Modulbea Prof. W. F	auftragte/r Rhode	Zustä Physik	ndige F	akultät	

Modul: Seminar: Kosmische Strahlung (PHY7218)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
fakultativ	1 Semester	12. Sem (M.Sc)	3	90 h			

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS	
	1	Selbststudium und eigener Vortrag		S	3	2	
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch					
3	 Lehrinhalte: Im Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der Kosmischen Strahlung und benachbarter Gebiete behandelt. Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt. 						
4	 Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben. 						
5	Prüfunge Studienleis	n stungen: Aktive Teilnahme an den Dis	skussior	nen im A	nschluss ar	i die Vorträge.	
6	Prüfungs	formen und -leistungen					
U	⊠ Modu	ilprüfung: eigener Vortrag	🗆 Teill	eistung			
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Elementarteilchenphysik sowie Astroteilchenphysik						
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik						
9	Modulbea Prof. W. F	auftragte/r Rhode	Zustär Physik	ndige Fa	akultät		

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 1a, Angewandte Spektrometrie (PHY7219a)

Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik							
Turnus: 2-jährig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem.	Credits: 3	Aufwand: 90 h			
		M.Sc.: ab 1. Sem.					

1	Modulstru	ktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS	
	1	Vorlesung Angewandte Spektrome	etrie	V	3	2	
2	Lehrverar	nstaltungssprache: Deutsch					
3	Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): Elementanalyse: Atomabsorptionspektrometrie; Atomemissionanalyse; Röntgenfluoreszenzanalyse; Elementmassenspektroskopie. Molekülanalyse: Infrarot und Ramanspektroskopie; NMR Spektroskopie; Molekülmassenspektrometrie, Festkörper und Oberflächenanalyse: Mikrostrahlanalyse mit Photonen, Elektronen und Ionen; Strukturanalyse						
4	KompetenzenDie Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.						
5	Prüfunger Modulprüft	ı ung: Benotete mündliche Prüfung					
6	Prüfungsf ⊠ Modul	örmen und –leistungen Iprüfung: mündlich		🗆 Te	eilleistung		
7	Teilnahm	evoraussetzungen					
•	Kenntnisse	e Physik IV					
ð	Wahlmodu	und verwendbarkeit des Moduls il im Bachelor- oder Masterstudiend	ang Phy	sik und	Medizinphy	sik	
9	Modulbea	uftragter	Zustän	diae Fa	akultät		
-	PrivDoz.	Dr. J. Franzke	Physik				

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 2a, Angewandte Plasmaphysik (PHY7220a)

Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik						
Turnus:	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt:	Credits:	Aufwand:		
2-janrig		B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.	3	90 n		

1	Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS		
	1	Vorlesung Angewandte Plasmaph	nysik	V	3	2		
2	Lehrverar	nstaltungssprache: Deutsch						
3	Lehrinhal	te		• .		· 、		
	Methoden	der modernen Analytik (mit Vertief	ung der s	pektros	kopischen M	lethoden):		
	2.Physik g	epuister und kontinuierlicher Plash	nen, Plasi	nadiagr	NIEDE	r und Iktiv gekonnelte		
	Plasmen	Dielektrisch Behinderte Entladunge		aungen	, Doyen, mui Plasmen:	лки декоррене		
	Plasma Er	nissionsspektrometrie und Plasma	Massensi	pektrom	etrie			
		······································						
4	Kompeter	nzen						
	Die Studie	renden gewinnen einen Überblick	über die p	hysikali	ischen Grun	dlagen der		
	modernen	Analytik und sind in der Lage für u	nterschie	dliche a	nalytische P	robleme		
	selbstandi	g Strategien zu deren Losung zu e	ntwickeln.	. Sie kei	nnen die wic	htigsten Methoden,		
	unterschie	dlichen Anwendungsbereichen die	aeeianet	en uabe sten Me	ethoden ausz	zuwählen und deren		
	Ergebniss	e kritisch zu bewerten.	geoignet					
	5							
5	Prüfungen							
	Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung							
6	Prüfungsformen und –leistungen							
	🗵 Modu	prüfung: mündlich		🗆 Te	illeistung			
7								
1	I elinanmevoraussetzungen Konstsiege Dhygik IV							
8	Modultyn und Vorwondbarkeit des Moduls							
	Wahlmodu	I im Bachelor- oder Masterstudien	, dang Phy	sik und	Medizinphys	sik		
9	Modulbeauftragter Zuständige Fakultät							
	PrivDoz.	Dr. J. Franzke	Physik	-				

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 3a, Angewandte Laserspektrometrie (PHY7221a)

Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik						
Turnus: 2-jährig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.	Credits: 3	Aufwand: 90 h		

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS	
	1	Vorlesung Angewandte Laserspektr	ometrie	V	3	2	
2	Lehrve	ranstaltungssprache: Deutsch					
3	Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): Der Laser als spektroskopisches Instrument; Absorptions, Fluoreszenz und Ionisationsspektrometrie mit Lasern; hochauflösende Spektrometrie mit Lasern; optoakustische und optothermische Methoden; Obeflächenplasmonen- resonanzspektrometrie; Oberflächenverstärkte Ramanspektroskopie; Laserionisationsmassenspektrometrie (RIMS, MALDI, etc.)						
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.						
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung						
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: mündlich□ Teilleistung						
7	Teilnahmevoraussetzungen						
	Kenntnisse Physik IV						
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls						
9	Modulb	eauftragter	Zuständie	ae Faku	Ität		
_	PrivDo	z. Dr. J. Franzke	Physik		-		

Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 1b, Angewandte Spektrometrie (PHY7219b)

Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik						
Turnus: 2-jährig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem.	Credits: 3 + 2	Aufwand: (90 + 60) h = 150 h		

1	Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS		
	1	Vorlesung Angewandte Spektrom	etrie	V	3	2		
	2	Lehrstuhl-Experiment		Р	2			
2	Lehrverar	staltungssprache: Deutsch						
3	Lehrinhal	te						
	Methoden	der modernen Analytik (mit Vertief	ung der s	pektros	kopischen N	lethoden):		
	Elementan	alyse: Atomabsorptionspektrometr	ie; Atome	missior	nanalyse;			
	Röntgenflu	ioreszenzanalyse; Elementmasser	spektrosł	kopie.				
	Molekulan	alyse: Infrarot und Ramanspektros	kopie; NIV	IR Spel	ktroskopie;	- 4		
	Rhotonon	Elektronon und lonon: Strukturand	a Obernac	cnenana	alyse: Mikros	stranianalyse mit		
	Fliotonen,		llyse					
	l ehrstuhle	experiment: Absorptionsspektromet	rie Emiss	ionssne	ektrometrie			
	Loniotanio			lonoop				
4	Kompeter	nzen						
	Die Studie	renden gewinnen einen Überblick	über die p	hysikal	ischen Grun	dlagen der		
	modernen	Analytik und sind in der Lage für u	nterschie	dliche a	nalytische P	robleme		
	selbständi	g Strategien zu deren Lösung zu e	ntwickeln.	Sie ke	nnen die wic	htigsten Methoden,		
	deren Leis	tungsgrenzen und Einsatzbereiche	. Sie hab	en dabe	ei die Fähigk	eit erworben, in den		
	unterschie	dlichen Anwendungsbereichen die	geeignet	sten Me	ethoden ausz	zuwählen und deren		
	Ergebnisse kritisch zu bewerten.							
5	Prüfungen							
•	Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung							
6	Pröfungeformen und Jeietungen							
U		prüfung: mündlich		🗆 Te	illeistuna			
7	Teilnahmevoraussetzungen							
	Kenntnisse Physik IV							
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls							
	Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik							
	Von den Modulen "Physikalisch-Chemische Analytik 1b, 2b und 3b" kann nur eines gewählt							
	werden. Das zugehörige a-Modul kann dann nicht mehr gewählt werden.							
9			Zuständ	ige Fal	kultat			
	PrivDoz.	Dr. J. Franzke	Physik					
Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 2b, Angewandte Plasmaphysik (PHY7220b)

Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik						
Turnus:	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt:	Credits:	Aufwand:		
2-jährig		B.Sc.: ab 5. Sem.	3 + 2	(90 + 60) h =		
		M.Sc.: ab 1. Sem.		150 h		

1	Modulstruktur									
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Ту	γp	Credits	SWS				
	1	Vorlesung Angewandte Plasmaph	nysik V		3	2				
	2 Lehrstuhl-Experiment P 2									
2	Sprache d	ler Lehrveranstaltung: Deutsch	·		•					
3	 Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): 2.Physik gepulster und kontinuierlicher Plasmen, Plasmadiagnostik, Nieder und Hochdruckplasmen, analytische Plasmen: Glimmentladungen, Bögen, induktiv gekoppelte Plasmen, Dielektrisch Behinderte Entladungen, Lasererzeugte Plasmen; Plasma Emissionsspektrometrie und PlasmaMassenspektrometrie Lehrstuhlexperiment: Absorptionsspektrometrie, Emissionsspektrometrie 									
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die physikalischen Grundlagen der modernen Analytik und sind in der Lage für unterschiedliche analytische Probleme selbständig Strategien zu deren Lösung zu entwickeln. Sie kennen die wichtigsten Methoden, deren Leistungsgrenzen und Einsatzbereiche. Sie haben dabei die Fähigkeit erworben, in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen die geeignetsten Methoden auszuwählen und deren Ergebnisse kritisch zu bewerten.									
5	Prüfunger Modulprüfu	ı ıng: Benotete mündliche Prüfung								
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: mündlich □ Teilleistung									
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik IV									
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik Von den Modulen "Physikalisch-Chemische Analytik 1b, 2b und 3b" kann nur eines gewählt werden. Das zugehörige a-Modul kann dann nicht mehr gewählt werden.									
9	werden. Das zugehörige a-Modul kann dann nicht mehr gewählt werden. Modulbeauftragter Zuständige Fakultät									

Module: Magnetism II (PHY7222)

Degree program: Physics (M.Sc.)						
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load		
By the semester	1 Semester	First or second sem.	3/6	90/180 h		

1	Module structure								
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours				
					per week				
	1	Lecture	Lec	3	2				
	2	Optional: seminar	Sem	3	2				
2	Languag	e: English							
3	Content								
	The lectu	ire covers advance topics in magnetis	sm. In particula	r, focus will	be put on the three				
	following	themes:							
	Hybrid n	nolecular interfaces for optoelectro	nics and spin-e	electronics	basic concepts of				
	surface s	science, physisorption and chemisor	rption of molec	ules on me	tallic surfaces, the				
	concept	of a spinterface, active molecular sp	interfaces.						
	Rashbas	systems: two-dimensional electron s	ystems, Rashba	a splitting, I	Rashba systems for				
	spintroni	ics applications.							
	Topologi	cal insulators: topology in material s	cience, topolog	gical insulat	tors.				
	The sem	inar focuses on groundbreaking ex	periments rela	ited to the	fields of research				
	discusse	d in the lecture.							
4	Learning	outcome							
	This cou	irse starts from the fundamentals	s on magnetis	m that are	discussed in the				
	magneti	sm lecture and applies them to mod	iern topics in c	onaensea r	natter physics. The				
	intonoo	s will acquire a deep insight on dire	rent topics the	at are curre	nuty in the locus of				
	nroparat	convocurso for students who want to	nurcuo a PhD ir	se is Dasic	ated to magnetism				
	surface	science and solid state physics. In th	e seminar the	students a	couire skills for the				
	critical r	eading of the literature and improve	their presentat	ion technia					
5	Fxamina	tion							
	Module	examination (lecture) or module com	ponent examin	ations (lect	ure and seminar)				
6	Coursew	ork and examination requirements							
	Course v	vork: Active participation in the lectu	ire and the sem	inar.					
	Examina	tion: Graded oral examination and, if	f applicable, gra	aded prese	ntation of about 30				
	minutes	in the seminar.		-					
7	Prerequi	sites							
	Basic kn	owledge in quantum mechanics, soli	id state physics	s and magn	etism				
8	Module	туре							
	Elective	module							
9	Respons	sible	Organization						
	Prof. Mir	ko Cinchetti	Department o	f Physics					

Modul: Seminar: Informationstechnologie der Zukunft (**PHY7224**)

Studiengang: Physik	(B.Sc, M.Sc)			
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
nach Bedarf	1 Semester	4./.5. Studienjahr	3	90 h

1	Modulstruktur									
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS				
	1	Seminar		S	3	2				
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch									
3	 Das Gebiet der Spinelektronik ist aus der Idee entstanden, den Spin- und Ladungsfreiheitsgrad von Elektronen gemeinsam in elektronischen Bauelementen zu benutzen. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung bei der Miniaturisierung von magnetischen Strukturen wurden Ende der 1980er Jahre überraschende Effekte gefunden, welche die Wechselwirkung der "statischen magnetischen" und der "dynamischen elektrischen" Eigenschaften von Festkörpern betreffen. Solche "magnetoresistiven" Effekte sind die Basis der heutigen Datenspeicherung und –verarbeitung. Wir werden im Seminar die wichtigsten Konzepte der Spinelektronik behandeln, und davon ausgehend neue Konzepte für die Datenspeicherung und –verarbeitung den Forschungsfeldern der Spinorbitronik, des Optomagnetismus und der Oxidelektronik entstanden sind. 									
4	Kompeter Das Sem Funktiona werden fu Orbitonik angemess	n zen inar stellt eine Einführung in die pr litäten von magnetischen Phänomene ndamentale Aspekte wie auch aktuelle und Oxitronic diskutiert. Desweitere sene Präsentationstechnik geschult.	hysikalis en im B e Entwi en wer	schen G Bereich d cklungei den die	Grundlagen Jer Informat n im Bereich selbständi	und elektronischen ionstechnologie. Es i der Spinelektronik, ge Recherche und				
5	Prüfunge Studienleis Modulprüft	n stung: Aktive Teilnahme an den D ung: Benoteter eigener Vortrag zu eine)iskussi em Sen	onen ir ninarther	n Anschlus na (30-45m	s an die Vorträge. in+Diskussion)				
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag□ Teilleistung									
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Festkörperphysik, Magnetismus und Quantenmechanik									
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Bachelorstudiengang Physik ode	er im Ma	asterstuc	diengang Ph	iysik				
9	Modulbea Prof. M. C	auftragte/r inchetti, Prof. M. Müller	Zustär Physik	ndige Fa	akultät					

Modul: Tandem-Projekte in der Teilchenphysik (PHY7225)

Studiengang: Physik (M.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich	2 Semester	1./2. Sem (M.Sc)	6	180 h		

1	Modulstruktur										
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS						
	1 Projektarbeit AG 3 2										
	2 Sommerschule / Blockkurs VL 3 2										
2	Lehrvera	anstaltungssprache: Englisch									
3	Lehrinha	llte									
	Die Teiln	ehmenden arbeiten im ersten Teil der Veran	staltung	an einem wi	ssenschaftlichen						
	Projekt. L	Die Bearbeitung geschieht dabei in Gruppen	von zwe	i bis drei Stu	dierenden aus						
	anderen I	Hochschulen, Z.B. Bologna oder Clermont. L	vie iner	ien stammer	n dabel aus der						
	einwöchi	nysik. III Zweiten Teil der Veranstaltung bes ne internationale Sommerschule (BCD-Somr	merschu		el elle dalui						
	bekomme	en die Teilnehmenden einen Überblick zu ar	undleger	nden und akt	uellen Themen der						
	Teilchenn	physik und stellen ihre Projektarbeiten in eine	em Vortr	ag vor.							
4	Kompete	enzen		•							
	Die Stud	ierenden sollen in dem Themengebiet der	Verans	taltung vertie	efende Aspekte der						
	Teilchen	ohysik erlernen. Im Vordergrund steht dabei o	die unive	ersitäts- und l	länderübergreifende						
	Arbeit i	n kleinen Gruppen. Geschult werder	n solle	n auch F	rasentations- und						
5	Diskussio	onstechniken.									
5	Studienle	eistung: Projektvortrag									
	Modulprü	ifung: Benoteter Abschlussbericht									
	Prüfung	sformen und –leistungen									
6	⊠ Modulprüfung: Abschlussbericht □ Teilleistung										
7	Teilnahmevoraussetzungen:										
·	Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik										
8	Modulty	p und Verwendbarkeit des Moduls									
	Wahlmoo	ul im Studiengang Master Physik									
9	Modulbe	eauftragte/r									
	Prof. Kev	vin Kröninger									

Modul: Angewandte Physik in der klinischen Medizin (PHY7226)

Studiengang: M.ScS	Studiengang: M.ScStudiengang Medizinphysik, Physik							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand				
jährlich im WS	1 Semester	1./2. Semester (M.Sc.)	3	90 h				

1	Modulstruktur									
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	٦	Гур	Credits	SWS				
	1	Seminar	S	S	3	2				
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch									
3	 Physik als Pflicht für den Arzt (Strahlenschutz, Medizinproduktegesetz) Technische Geräte in Diagnostik und Therapie Gehirn, Auge, Ohr Hals Lunge Herz Visceralchirurgie I (Speiseröhre, Magen Darm) Visceralchirurgie II (Leber, Galle, Bauchspeicheldrüse) Unfallchirurgie Orthopädie Angiologie 									
4	Kompeter Grundlege klinischen Die Semin die Pathop und inwiev Wenn mög Medizinph	nzen ende Kenntnisse der angewandten Phy Medizin gemäß den Lehrinhalten. aare sind so aufgebaut, dass zunächst ohysiologie und dann die typischen Erf weit die Physik in Diagnostik und Thera glich, wird insbesondere auf das mögli ysikers hingewiesen.	ysik in de die Ana krankung apie Anv che Betä	er Itomie u gen bes wendung ätigungs	nd Physiolo prochen we g findet. sfeld des	gie, rden				
5	Prüfunge Schriftliche werden vo	n e oder mündliche Modulabschlussprüfi m Dozenten zu Beginn der Veranstalt	ung: die ung beka	Voraus anntgeo	setzungen geben.					
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: Klausur oder mündlich□ Teilleistung									
7	Teilnahmevoraussetzungen Experimentalphysik 1-3. Medizinphysik 1,2 hilfreich, aber nicht notwendig									
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Medizinphysi	k, Physil	k						
9	Modulbea PrivDoz.	uftragte/r Dr. Karl-Heinz Bauer	Zuständ Physik	dige Fa	kultät					

Mo	Modul: Seminar: Die Suche nach neuen Teilchen, Dunkler Materie & Co. (PHY7227)							
St	udiengang	:: P	hvsik (M.Sc.)					
Turnus: im WSDauer: 1 SemesterStudienabschnit 1./2. Sem (M.Sc)		nitt: ic)	Credi 3	ts	Aufwand 90 h			
1	Modulstr	ukt	ur					
	Nr.	EI	ement / Lehrvera	nstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Se	eminar			S	3	2
2	Lehrvera Deutsch c	nst odei	altungssprache: r Englisch					
3	Lehrinhal Inhalt des Materie, n auf aktuell	te Se eue en	minars ist die Such en Quarks und Lep experimentellen Ai	ne nach neuen T tonen oder neue nsätzen und Erg	eilcher en Eichl jebnisse	n, wie z. posoner en.	B. Kandidate n. Der Schwe	en für Dunkle erpunkt liegt dabei
4	Kompete Die Studie ihrem eige wissensch Diskussio	nze erer ene naft n w	nden vertiefen ihr V n Vortrag. Dieser \ licher;;;Recherche rerden wissenschaf	Vissen auf dem /ortrag schult au - und Präsentati ftliche Diskussio	Gebiet uch Kon ionstech nstechr	des Sei npetenz nniken. niken er	minars durch en im Bereid In der ansch worben.	n Selbststudium zu ch ließenden
5	Prüfunge Studienlei Modulprüf	n stu [:] unę	ngen: Aktive Teilna g: Benoteter eigene	ahme an den Dis er Vortrag.	skussio	nen im <i>i</i>	Anschluss a	n die Vorträge.
6	Prüfungs ⊠ Modı	for	men und –leistun rüfung: eigener Vo	igen ortrag		🗆 Te	illeistung	
7	Teilnahm Kenntniss	evo e a	braussetzungen: us Einführung in di	e Elementarteil	chenphy	ysik		
8	Modultyp Wahlmod	un ul ir	n d Verwendbarkei m Studiengang Ma	t des Moduls ster Physik				
9	Modulbea Johannes Prof. Kevi	aufi Ero n K	t ragte/r dmann, röninger		Zustäi Physik	ndige F	akultät	

Mo	Modul: Superconducting Technology applied to particle accelerators (PHY7228)							
St	udiengang	: Physik	(M.Sc), Medi	zinphysik (M.	Sc)			
Tu	Turnus: Dauer: Studienabschnitt: Credits Aufwand							
Im	WS		2 Wochen	1. Sem. (M.	Sc)		3	90 h
1	Moduletr	uktur						
1	Nr	Flemen	nt / Lehrveran	staltung		Typ	Credits	SWS
	1	Semina	r	Stattang		S	3	2
2	 ehrverai	nstaltun	ussprache: F	nalish		0	0	2
-	Lehrinhal	te						
	technologi will be intro normal cor the studen to be prese material su	es to the oduced b nducting its will co ented by uch as so	operation par by means of a cavities vs sup mplement the the end of the cientific papers	ticle accelerato lecture (superc perconducting s lectures with th seminar. In or or presentatio	ors will I conduct system neir ow der to p ns will	be studi ivity, SF s, loss r n resea prepare be prov	ed. To this e RF cavities, F nechanisms, rch on a rela this presenta ided.	nd the key topics RF losses, limits of ,). In addition, ted proposed topic ation additional
	The partic the materi actively di	ipants wi al taught scussed.	ll carry out ind during the ser	ependent resea ninar. This wor	arch on k will b	the sug e prese	gested topic nted to the of	in order to complete ther participants and
5	Prüfunge	n						
	Course ac Module ex	hieveme aminatio	nts: Active pai n: Graded ov	ticipation in the vn presentatior	e discu: 1.	ssions f	ollowing the	lectures.
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: eigener vortrag □ Teilleistung							
7	Teilnahm Previous I	evoraus knowledg	setzungen je in particle p	hysics				
8	Modultyp Wahlmodu	und Ver ul im Mas	r wendbarkeit sterstudiengar	des Moduls g Physik und N	/ledizin	physik		
9	Modulbea Prof. A. Ve	auftragte elez	e/r		Zustä Physik	ndige F	akultät	

Modul: Seminar: Terahertz Dynamics of Condensed Matter (PHY7229)						
Studiengang: Physik (M.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
Jedes Semester	1 Semester	4./5. Studienjahr	3	90 h		

Г

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	1	Self-study and own presentation	S	3	2		
2	Lehrvera	nstaltungssprache: English					
3	 3 Lehrinhalte This seminar will constitute of presentations given by the participants on selected topics in the field of terahertz dynamics in condensed matter. Both experimental methods and theoretical concepts will be covered for measuring and understanding the linear and nonlinear terahertz responses of various systems. Examples include: Terahertz spectroscopy: Sources for THz generation, time-resolved THz spectroscopy, two-dimensional THz spectroscopy, combinations with other spectroscopic or microscopic techniques etc. 						
	Solid-stat materials,	e systems: Semiconductors, magne THz cavity quantum electrodynamica	lic materials, I structures,	supercondue etc.	ctors, topological		
4	Kompete	nzen					
	The students will learn different experimental approaches to investigating the dynamics of selected condensed-matter systems in the THz frequency range, as well as the theoretical principles governing the observed THz dynamics. This seminar is aimed to provide a comprehensive introduction to the frontiers of THz science, and serves as a preparatory course for students who are interested in pursuing a PhD in a related research topic or curious about this very active research field.						
5	 Prüfungen Performance: active participation within the seminar presentations and discussions. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30min + 15min discussion) 						
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag□ Teilleistung						
7	Teilnahm Knowledg	evoraussetzungen e in solid-state physics, quantum med	chanics, and	optics.			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach						
9	Modulbea Prof. Chris	auftragte/r stoph Lange, Prof. Zhe Wang	Zuständig Physik	e Fakultät			

Modul: Literaturseminar Quantentechnologien (PHY7230)

Studiengang: Physik (M.Sc)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
nach Bedarf im SS	1 Semester	14. Sem. (M.Sc)	3	90 h		
und WS						

1	Modulstr	uktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Т	ур	Credits	SWS
	1	Seminar	S		3	2
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch oder Er	iglisch			
3	 Lenrveranstatungssprache: Deutsch oder Englisch Lehrinhalte Das Seminar deckt alle Teilbereiche der Quantentechnologien ab, insbesondere Quantensensorik, Quantenmetrologie, Quantensimulation, Quantum Computing, Quanteninformationsverarbeitung, Quantenkommunikation und Quantenkryptographie. Zu diesem Zweck soll von jedem Studierenden eine aktuelle oder fundamentale Veröffentlichung bearbeitet und der gesamten Gruppe didaktisch aufbereitet vorgestellt und anschließend innerhalb der Gruppe ausführlich diskutiert werden. Veröffentlichungen, die einen wesentlichen technologischen, theoretischen oder auch methodischen Fortschritt in einem dieser Teilbereiche bedeuten, fallen dabei in den Fokus des Seminars. 					
4	Kompetenzen Die Studierenden erlangen im Seminar die Kernkompetenzen zur erfolgreichen Aneignung von Ergebnissen aus der einschlägigen Fachliteratur. Ein Kernpunkt ist hier das eigenständige Erarbeiten des Inhalts eines Fachartikels. Hierzu gehört auch das Erlernen effizienter Literaturrecherche und die didaktische Aufbereitung des Stoffs, um diesen in einem Vortrag präsentieren zu können. In der Rolle als Zuhörende lernen die Studierenden ferner, wie sie effizient die Kerninformationen eines kompakten Vortrags verstehen können und wie sich das Verständnis der Materie durch gezielte weiterführende Fragen vertiefen lässt. Darüber hinaus lernen die Studierenden den fachlichen Status Quo im Bereich der Quantentechnologien kennen.					
5	Prüfunge Studienleis Modulprüft	n stungen: Aktive Teilnahme an den Dis ung: Benoteter eigener Vortrag bei Vo	kussionen rstellung d	n im Ar der Ve	ischluss an röffentlichur	die Vorträge. ^{Ig.}
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag □ Teilleistung					
7	Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse in Festkörperphysik und Quantenmechanik					
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik					
9	Modulbea Dr. M. Aß	auftragte/r mann	Zuständ i Physik	lige Fa	kultät	

Modul: Dynamik offener optischer Systeme (PHY7231)

Studiengang: Physik (M.Sc)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
nach Bedarf im SS	1 Semester	1./2. Sem. (M.Sc)	5	150 h		
und WS						

1	Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Vorlesung mit Übung	V+Ü	5	1 + 2	
2	Lehrverar	nstaltungssprache: Deutsch oder En	glisch			
3	Lenrinnaite Vorlesung: Kopplung optischer Lichtfelder an ein externes Reservoir, Zeitentwicklung von Korrelationsfunktionen erster und höherer Ordnung. Mastergleichungen für Lichtfelder in Abwesenheit oder Anwesenheit von Licht-Materie-Wechselwirkung. Das Birth-Death-Modell des Lasers, das Quantenregressionstheorem, Quantentrajektorien, Quantum Jump Formalismus, schwache Messungen					
	Übung: Numerische Behandlung ausgesuchter Probleme der offenen Systeme, z.B. Kopplung eines kohärenten Zustands an ein thermisches Bad, stochastische DGLs, Quantenprozesstomographie					
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen theoretische Methoden zur Behandlung offener Systeme kennen und können diese Methoden auf Probleme aus dem Bereich der Optik anwenden. In den Übungen lernen die Studierenden die konkrete Implementation dieser Ansätze kennen und entwickeln ein Verständnis dafür, offene optische Systeme als Problemstellung zu erfassen und adäquat beschreiben und lösen zu können. Sowohl die physikalischen Konzepte als auch die konkrete Implementierung von Lösungsansätzen werden dabei in der Gruppe diskutiert werden.					
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Modulprüfung, wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.					
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: Klausur oder mündlich□ Teilleistung					
7	Teilnahmevoraussetzungen Physik I-IV; Kenntnisse in höherer Quantenmechanik wünschenswert z.B. durch Absolvierung des Moduls PHY631 "Höhere Quantenmechanik"					
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik				
9	Modulbea Dr. M. Aßı	auftragte/r mann	Zuständige I Physik	Fakultät		

Modul: Physik des Top-Quarks und des Higgs-Bosons (PHY7232)						
Studiengang: Phy	Studiengang: Physik (M.Sc.)					
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
Nach Bedarf im	1 Semester	1./2. Semester	6	180 h		
SoSe						
			•			

1	Modulstruktur					
	Nr.	Element/Lehrveranstaltung	Тур	Credits	sws	
	1	Vorlesung	V	3	2	
	2	Übung zur Vorlesung	Ü	3	2	
2	Lehrveranstaltu	ingssprache:			· · · ·	
	Deutsch oder E	Englisch				
3	 Lehrinhalte Nach einer Einführung in die grundlegenden Eigenschaften von Top-Quark und Higgs-Boson befasst sich das Modul mit ausgewählten Themen der Top- und Higgs-Physik. Top-Quark-Physik: Paar- und Einzelproduktion, Zerfallseigenschaften, Messungen von Top-Quark-Parametern, assoziierte Produktion mit anderen Teilchen, Ladungsasymmetrie, Spinkorrelationen, differentielle Messungen, Top-Quark in Erweiterungen des Standardmodells. Higgs-Boson-Physik: Higgs-Entdeckung, Messungen im Diphoton- und ZZ*-Kanal, Messungen von Higgs-Boson-Parametern, fermionische Zerfälle, Messung der Top-Quark-Yukawa-Kopplung, Dihiggs-Produktion, Higgs-Boson in Erweiterungen des Standardmodells. 					
4	Kompetenzen Die Studierend Boson-Physik.	len erhalten weiterführende Ein	blicke in	Aspekte der Top-	Quark- und Higgs-	
5	Prüfungen Studienleistung Modulprüfung:	g: aktive Teilnahme an der Übu Benotete schriftliche oder münd	ng. dliche Pi	rüfung je nach Teil	nehmerzahl.	
6	Prüfungsformen und –leistungen [x] Modulprüfung: schriftlich oder mündlich [] Teilleistung					
7	Teilnahmevoraussetzungen: keine					
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach					
9	Modulbeauftrag Dekan(in) der I	g te/r Physik		Zuständige Fakult Physik	ät	

Module: Practical aspects of instrumentation (PHY7233)

Degree program: Physics (M.Sc.)					
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load	
By the semester	1 Semester	First or second sem.	3/6/9	90/180/270 h	

1	Module s	tructure				
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours per week	
	1	Lecture	Lec	3	2	
	2	Optional: exercise session	Lab	3	2	
	3	Optional: seminar	Sem	3	2	
2	Language	e: English				
3	 Content The lecture covers basic principles of instrumentation, electronics and sensor technology. The characterization of instruments, aspects of data acquisition as well as measurement procedures is discussed. Furthermore, applications of instrumentation in specific fields of research, e.g. particle physics, condensed matter physics or medical physics, are presented. Current developments in instrumentation are briefly reported on. The exercise session offers the possibility to discuss concrete details and, if applicable, test the material of the lecture in a laboratory environment. The seminar focuses on the historical development of instrumentation in specific fields of research. Concrete examples for modern instrumentation systems, e.g. in spectroscopy, particle physics or medical imaging, are discussed. Learning outcome The students acquire basic knowledge of modern instrumentation. They are able to name and explain different sensor and detection principles, and understand the composition of common instrumentation systems. Furthermore, the students acquire skills for the critical reading of the literature and improve their presentation techniques. 					
5	Module examination and/or set	amination (lecture) or module component minar)	examinations (leo	cture and opti	onal exercise session	
6	Coursework and examination requirements Course work: Active participation in the lecture and the seminar. Examination: Graded oral examination and, if applicable, graded presentation of about 30 minutes in the seminar: the exercise session is not graded					
7	Prerequisites None					
8	Module type Elective module					
9	Respons Guest ch Departme	i ble lair for instrumentation, Dean of the ent of Physics	Organization Department of P	Physics		

Module: Laboratory of condensed matter physics: time-resolved photoemission (PHY7234)

Degree program: Physics (M.Sc.)						
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load		
By the semester	1 Semester	Winter Semester	6	180 h		

1	Module structure						
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours per week		
	1	Lecture	Lec	3	2		
	2	Exercise session	Lab	3	2		
2	Languag	ge: English					

3 Content

The lecture will be divided in three main chapters:

- 1. Introduction to the ultra-high vacuum (UHV) and to the basic instrumentation employed in surface preparation/characterization. Different surface techniques will be presented and analyzed in detail from the theoretical point of view. In particular, this part will focus on:
 - a. UHV environment (pumps, pressure sensor, bake-out, vacuum components)
 - b. Surface preparation tools (e-beam evaporators, ion sputtering, residual gas analyzer)
 - c. Surface characterization tools
 - Low energy electron diffraction
 - Auger electron spectroscopy

2. Introduction to photoemission spectroscopy

- a. Theoretical description of the process.
 - b. X-ray photoemission spectroscopy (XPS) and angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES)
 - c. Performing photoemission spectroscopy using a Photoemission electron microscope.
 - Basic principles of cathode lens microscopy
 - Going from real space to momentum operation modes
- 3. Introduction to pump-probe photoemission spectroscopy
 - a. Principle and applications of 2 photon photoemission (2PPE)
 - b. Principle and applications of high harmonic generation (HHG)
 - c. How to couple pump-probe measurements to photoemission electron microscopy.

The exercise session will offer instead the possibility to apply what has been discussed during the frontal lecture. In particular, this part will provide an "hand-on" approach where students will have the chance to see the different state-of-the-art techniques at work and, most importantly, use them to perform real experiments in a laboratory environment. Part of the exercise session will be dedicated to introduce the basic principles of data analysis commonly used in time-resolved photoemission spectroscopy.

4 Learning outcome

The students will acquire a basic knowledge of state-of-the-art instrumentation related to surface preparation/characterization. They will deep their knowledge from both the theoretical and practical point of view thanks to the exercise sessions. At the end of the lecture they are expected to have an overview of time-resolved photoemission spectroscopy and also a basic knowledge on the basic principles of data-analysis.

5 Examination

Two module component examinations (lecture and exercise session)

6	Coursework and examination requirements Course work: Active participation in the lecture and the exercise session. Examination: Graded oral examination (lecture) and graded written final report (exercise session).			
7	Prerequisites			
8	Module type			
	Elective module			
9	Responsible	Organization		
	Dr. Giovanni Zamborlini	Department of Physics		

Modul: Einführung in die Theoretische Elementarteilchenphysik (PHY731) M.Sc.-Studiengang: Physik Studienabschnitt: Credits Turnus: Dauer: Aufwand jährlich im WS 1 Semester 1. Sem. 12 360 h Modulstruktur 1 Element / Lehrveranstaltung Credits SWS Nr. Typ V 1 Einführung in die theoretische 8 4 Elementarteilchenphysik 2 Übungen zu Einführung in die theoretische Ü 4 2 Elementarteilchenphysik 2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, englisch auf Wunsch 3 Lehrinhalte Kinematik relativistischer Teilchenreaktionen: Wirkungsquerschnitte und Verzweigungsverhältnisse; Berechnung elementarer Prozesse; Das Standardmodell und seine Phänomenologie: Quarks, Leptonen, QCD und elektroschwache Wechselwirkung, Higgs, C,P,CP,- Flavorsymmetrien und Symmetriebrechung. Literatur: Peskin, Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory; Nachtmann: Elementarteilchenphysik; Georgi: Weak Interactions and modern particle physics 4 Kompetenzen In der Vorlesung werden Kenntnisse vermittelt, welche eine Teilnahme an weiterführenden Spezialseminaren und das Anfertigen einer Masterarbeit in der Elementarteilchenphysik ermöglichen. Dies beinhaltet ein Heranführen an Konzepte und Methoden der Hochenergiephysik. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert. Prüfungen 5 Studienleistungen: Hausaufgaben Modulprüfung: Benotete Klausur (120 min) Prüfungsformen und –leistungen 6 **Modulprüfung: Klausur** □ Teilleistung 7 Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus den Modulen Physik I-IV, Höhere Quantenmechanik, Einführung Kern- und Elementarteilchenphysik 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Physik 9 Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät Dekan/in Physik Physik

Modul: Einführung in die Theoretische Festkörperphysik (PHY732)

M.ScStudiengang: Physik					
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand	
Jährlich zum WS	1 Semester	1. Sem.	12	360h	

Modulstruktur

	Modulati	modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Credits	SWS				
	1	Einführung in die Theoretische Festkörperphysik	V	8	4				
	2	Übungen zu Einführung in die Theoretische Festkörperphysik	Ü	4	2				
Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder auf Wunsch Englisch									

3 Lehrinhalte

Symmetrien der Kristallgitter; Gitterschwingungen, Born-Oppenheimer Näherung, Ansätze für Kristallpotential, Thermodynamik der Phononen, Phononspektroskopie, Photon-Phonon und Phonon-Phonon Wechselwirkungen; Elektronen im Festkörper, Bandstruktur für fast freie und stark gebundene Elektronen, Dichtefunktionaltheorie, moderne Bandstrukturverfahren, Dynamik der Bandelektronen in elektromagnetischen Feldern; Elektronische Anregungen, Wechselwirkungen, Exzitonen, Plasmonen, Abschirmung, insgesamt Einführung des Quasiteilchenkonzepts; Grundlagen des Magnetismus, Supraleitung phänomenologisch und Bardeen-Cooper-Schrieffer Theorie; Transport in Festkörpern

Literatur: z.B. Czycholl, Theoretische Festkörperphysik, Vieweg (2000)

4 Kompetenzen

Die Studierenden sollen die Phänomene in Festkörpern als Anwendungen der Quantenmechanik begreifen lernen. Wichtig ist, dass sie erkennen, dass und wie aus der Komplexität sehr vieler Freiheitsgrade neuartiges kollektives Verhalten entsteht. Sie werden an die anspruchsvolle abstrakte Beschreibung solcher kollektiven Phänomene herangeführt. Sie lernen die bekannten Fundamentalmethoden der Festkörpertheorie selbständig anzuwenden. Sie sollen in die Lage versetzt werden, Monographien und Übersichtsartikel aus dem Bereich der Physik der kondensierten Materie selbständig durchzuarbeiten, dadurch Seminarvorträge aus diesem Bereich vorbereiten zu können sowie auf dieser Grundlage eine Masterarbeit in den Bereichen experimenteller oder theoretischer Physik der kondensierten Materie durchzuführen. In den Übungen sollen die Studierenden Ergebnisse in Teamarbeit erarbeiten lernen. Weiterhin wird eingeübt, abstrakte Sachverhalte angemessen anderen Kommilitonen zu vermitteln und deren theoretische Beschreibung, gegebenenfalls kontrovers, ergebnisorientiert zu diskutieren.

5	Prüfungen		
	Studienleistungen: Hausaufgaben		
	Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung		
6 Prüfungsformen und –leistungen			
Modulprüfung: schriftlich oder mündlich 🛛 Teilleistung			
7	Teilnahmevoraussetzungen		
	Kenntnisse aus den Modulen Physik I-IV, Einführung in die Festkörperphysik		
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls		
	Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Physik		
9	Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät		
	Dekan/in Physik Physik		

Mod	Iodul: Quantenfeldtheorie (PHY733)						
M.S Turr 1-2-j	cStudienç nus: jährlich	jang: Physik Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: ab 1. Sem.	Credits 6		Aufwand 180 h	
1	Modulstr	uktur					
	Nr.	Element / Lehrvera	anstaltung	Т	ӯҏ	Credits	SWS
	1	Quantenfeldtheorie		V	/ + Ü	6	2+2
2	Lehrveran	staltungssprache:	Deutsch, englisch auf Wu	insch			
	kanonische Spin 0, S Renormiert <u>Literatur:</u> M Field Theor	Quantisierung Ф ⁴ Th pin 1/2 und Spin ungsgruppe lark Srednicki: Quantu ry	heorie, Noethertheorem, 1 Felder, Elemente d um Field Theory, Peskin,	Korrelations er Renormi Schroeder:	funktio ierung An Intro	nen, Pfadir (dimension oduction to	itegral fü nal), und Quantum
4	Kompetenzen Die Studierenden erlernen die wichtigsten Elemente der Quantenfeldtheorie, sowie die Methoden zur technischen Handhabung von störungstheoretischen Fragestellungen. Das relativistische Pfadintegral wird als Grundlage zur Quantisierung aller bekannten Felder im Standardmodell der Elementarteilchenphysik ausführlich behandelt. Elemente der Renormierung mit Einschleifenrechungen sind Teil der Veranstaltung. Die Studierenden werden an Methoden herangeführt wie sie in der aktuellen Forschung benutzt werden. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.						
5	Prüfunge Studienlei Modulprüf Teilnehme	n stungen: Hausaufgab ung: Benotete schriftl erzahl	oen liche Prüfung (120 min) oo	der mündlich	ie Prüfu	ung (30 min) je nach
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistur Ilprüfung: schriftlich	וgen ו oder mündlich	□ Teilleist	tung		
7	Teilnahme Kenntnisse empfehlens	voraussetzungen aus den Module swert: Einführung in d	en Physik I-IV, Höh die Elementarteilchenthec	ere Quante orie	enmech	nanik; aus	sdrücklich
8	Modultyp Wahlmodu Teilchenthe 10h (20h) Gruppenthe	und Verwendbarkeit I im Masterstudien eorie angestrebt wird zu ausgewaehlten eorie) kombiniert werd	t des Moduls Igang Physik; empfohl . Das Modul kann u.a. m I Themen der Quante den zu insgesamt 7 (8) C	en, wenn nit dem jährl nfeldtheorie P.	Maste ich ang (z.B.	rarbeit im gebotenen Loops ai	Bereich Blockkurs nd Legs
9	Modulbea	uftragte/r	Zuständ	ige Fakultä	t		

Modul: Seminar: Theorie stark korrelierter Vielteichenysteme und Quanteninformation (**PHY734**)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jedes Semester	1 Semester	12. Sem. M.Sc.	3	90 h		

I Modulstruktur

•	moduloti					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2	

2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch und Englisch 3 Lehrinhalte

Das Seminar besteht aus Teilgebieten der aktuellen theoretischen Forschung zu stark korrelierten Festkörpersystemen:

Aktuelle Probleme in der Theorie stark korrelierter Festkörpersysteme und der Quanteninformation; Schwerpunkte sind Konzepte und Methoden, wobei analytische und numerische Aspekte gleichermaßen beleuchtet werden; Entwicklung von Methoden und deren kritische Beurteilung; Definition theoretischer Fragestellungen

Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben und wenn nötig bereitgestellt

4 Kompetenzen

Die Studierenden werden an die aktuelle Forschung in der Festkörpertheorie herangeführt. Sie lernen Methoden und Konzepte sowie deren Anwendung auf noch ungelöste Probleme kennen. Sie werden durch die gemeinsamen Diskussionen im wissenschaftlichen Diskurs geübt und lernen Aufgaben im Team anzugehen. Durch die Vorbereitung und das Halten des eigenen Vortrags erwerben sie Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Methodik, speziell in Recherche- und Präsentationstechniken. Ein besonderes Ziel ist es, den Blick für das Wesentliche eines physikalischen Problems zu schulen.

5 Prüfungen

Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (45-60 min) zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.

6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag	□ Teilleistung		
7	Teilnahmevoraussetzungen Vorkenntnisse aus der Festkörperphysik (Experiment und Theorie)			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik			
9	Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik	Zuständige Fakultät Physik		

Modul: Einführung in die Renormierungsgruppe (PHY735)

Studiengang: Physik (M.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
nach Bedarf	1 Semester	1./2. Sem	4	120 h		
im WS						

1	Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Vorlesung	V	4	2	
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinha	ite	a () , (
	Grundlag Korrelation	en der Phasenübergänge: Spontane	e Symmetriebre arfeldtheorie	echung, Ordr andau Theo	nungsparameter, rie der	
	Phasenüb	ergang.				
	Renormie	erungsgruppe: Pfadintegral der Zusta	andssumme, di	e drei Schrit	te der	
	Renormie	rung, Gaussscher Fixpunkt, Wilson-Fi	scher ε-Entwic	klung, kritisc	he Exponenten	
	Quantenk	kritische Phänomene: Verallgemeine	ertes Landau-G	insburg-Wils	on Funktional,	
	Hertzsche	I heorie, thermale und Quantenfluktu	ationen, Ausbl	ick auf die ni	umerische	
	Renormie	lungsgruppe				
4	Kompete	nzen				
	Die Studie	erenden erhalten Einblicke in die Grun	idlagen der Wi	sonsche Rei	normierungsgruppe,	
	des Konz	epts des Fixpunkts und der Zusamme	nhang zwische	en der pertur	bativen Entwicklung	
			er berechnung		en Exponenten.	
5	Prüfunge	n				
	Modulprüf	ung: Benoteter mündliche Prüfung (30) min)			
6	Prüfungs	formen und –leistungen				
	Μοαι	liprutung: mundlich		g		
7	Teilnahm	evoraussetzungen:				
	Quantenp	hysik, Thermodynamik und Statistik, I	-estkörperphys	sik		
8	Modultyp	und Verwendbarkeit des Moduls				
	Wahlfach					
9	Modulbea	auftragte/r	Zuständige F	akultät		
	Prof. F. A	nders	Physik			

Modul: Seminar: Physik jenseits des Standardmodells (BSM-Seminar, PHY736)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik					
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand	
jedes Semester	1 Semester	1./2. Sem (M.Sc)	3	90 h	

1	Modulstr	uktur			
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Seminar	S	3	2
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Englisch (Deutso	ch mit Genehm	igung)	
3	Lehrinhal	te Nachterstein Teilebergtheering zum Dharr		Ot a se al a se alvas a	
	AKTUEIIE P	robleme der Tellchentheorie zur Phys	SIK JENSEITS des	Standardmo	dells:
	Higgsekt	oren Quantengravitation und asympt	otische Sichert	noenen, Dui peit Modellhi	Idung und
	Phaenom	enologie, aktuelle Resultate.			
		5,			
4	Kompete	nzen			
	Die Studie	erenden vertiefen ihr Wissen auf dem	Gebiet des Sei	minars durch	Selbststudium zu
	Ihrem eige	enen Vortrag. Dieser Vortrag schult au	uch Kompetenz	en im Bereid der enschlig	h seandan Diskussion
	werden		ISLECTITIKETI. ITI		SSENGEN DISKUSSION
	wissensch	aftliche Diskussionstechniken in engl	ischer Sprache	erworben.	
5	Drillfungen		<u>I</u>		
Э	Studienlei	n stungen: Aktive Teilnahme an den Dig	skussionen im	Anschluss a	n die Vorträge
	Modulprüf	ung: Benoteter eigener Vortrag zu eir	nem aktuellen F	Forschungsth	nema.
6	Drüfunge			g	
Ø		iormen und –leistungen Ibrüfung: eigener Vortrag		r	
7	Teilnahm	evoraussetzungen:			
	Einführun	g in die Elementarteilchenphysik			
8	Modultyp	und Verwendbarkeit des Moduls			
	Wahlmodu	ul im Masterstudiengang Physik			
9	Modulbea	auftragte/r	Zuständige F	akultät	
	Dekan/in l	Physik	Physik		

Modul: Seminar: Theoretische Probleme der kondensierten Materie (**PHY737**)

Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jedes Semester	1 Semester	12. Sem. M.Sc.	3	90 h		

Modulstruktur

•	moduloti	untur .			
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2
2	Lehrveran	staltungssprache: Deutsch und Englisch			

3 Lehrinhalte

Das Seminar besteht aus Teilgebieten der aktuellen theoretischen Forschung in der Theorie kondensierter Materie:

Aktuelle Probleme in der Theorie von Festkörpersystemen, biologischer und weicher Materie und der Quanteninformation; Schwerpunkte sind Konzepte und Methoden, wobei analytische und numerische Aspekte gleichermaßen beleuchtet werden; Entwicklung von Methoden zur Beschreibung von Gleichgewichts- und Nichtgleichgewichtszuständen und deren kritische Beurteilung; Definition theoretischer Fragestellungen

Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben und wenn nötig bereitgestellt

4 Kompetenzen

Die Studierenden werden an die aktuelle Forschung in der Theorie kondensierter Materie herangeführt. Sie lernen Methoden und Konzepte sowie deren Anwendung auf noch ungelöste Probleme kennen. Sie werden durch die gemeinsamen Diskussionen im wissenschaftlichen Diskurs geübt und lernen Aufgaben im Team anzugehen. Durch die Vorbereitung und das Halten des eigenen Vortrags erwerben sie Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Methodik, speziell in Recherche- und Präsentationstechniken. Ein besonderes Ziel ist es, den Blick für das Wesentliche eines physikalischen Problems zu schulen.

5 Prüfungen

Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (45-60 min) zu einem Thema aus der aktuellen Forschung.

6	Prüfungsformen und –leistungen	
	Modulprüfung: eigener Vortrag	Teilleistung

7 Teilnahmevoraussetzungen

Vorkenntnisse aus der Festkörperphysik (Experiment und Theorie) und der Statistischen Mechanik

8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls

Wahlmodul im Masterstudiengang Physik

9	Modulbeauftragte/r	Zuständige Fakultät
	Dekan/in Physik	Physik

Modul: Hadronen in der Quantenchromodynamik (PHY738)

Studiengang: M.Sc. Physik					
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand	
nach Bedarf im WS	1 Semester	4. / 5. Studienjahr	4	120 h	
		(M.Sc)			

1	Modulstru	uktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung		V	4	2
	Es handel	t sich um eine Veranstaltung, die gem	einsam	von der	Universität S	iegen und der TU
	Dortmund	angeboten wird. Ein Teil der Vo	rlesunge	en wird	aus bzw. r	hach Siegen per
	Videokonf	erenz ubertragen.				
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch oder En	iglisch			
3	Lehrinhal Einführung Quarkstru Flavoursyn Quark-Stro Formfakto S-Matrix, S Analytizitä Dispersior Einführung QCD Vaku Operatorp	te: g in Quantenchromodynamik ktur und Spektroskopie von Hadronen mmetrien: Isospin, SU(3), chirale und öme und hadronische Matrixelemente rren, Phänomenologie der starken We Streuamplitude, Mandelstam-Variable t und Unitaritätsbedingung, nsrelationen, g in Heavy-Quark Effective Theory, uum und Hadronen, Quark- und Gluor produktentwicklung, QCD-Summenreg	Schwer : Zerfall chselwin n, nkonden eln	e-Quark skonstar rkung, nsate	Symmetrien iten und	
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten weiterführende Einblicke in theoretische und phänomenologische Aspekte der Teilchenphysik mit einem Schwerpunkt auf der Physik der Hadronen.					änomenologische onen.
5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung je nach Teilnehmerzahl					
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: schriftlich oder mündlich □ Teilleistung					
7	Teilnahm	evoraussetzungen:				
8	Modultyp Wahlfach	und Verwendbarkeit des Moduls				
9	Modulbea Prof. Dr. A JunProf.	a uftragte/r A. Khodjamirian (Siegen) Dr. J. Brod (Dortmund)	Zustär Physik	ıdige Fa	kultät	

Modul: Master-Seminar zu Differentialgeometrie / Allgemeine Relativitätstheorie (PHY739)

M.ScStudiengang Physik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
unregelmässig	1 Semester	13. Sem (M.Sc)	5	150 h		

Modulstruktur

ι

	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Seminar	S	5	2	

2 3 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch

Lehrinhalte

Die mathematische Strukur spezieller Lösungen der Einstein Gleichungen: Die Schwarschild-Raum-Zeit, die Reissner Nordström und die Kerr Lösung, das Gödeluniversum. Vollständigkeit der Geodäten, Struktur der Singularitäten, Maximale Erweiterungen, Symmetrien, Killingvektoren, Kausalität.

Kompetenzen 4

Folgende Schlüsselkompetenzen werden erworben: die Fähigkeit zur vertieften, selbständigen Beschäftigung mit einem fortgeschrittenen mathematischen bzw physikalischen Stoffgebiet sowie dessen ansprechende schriftliche und mündliche Präsentation in einem freien Vortrag vor größerem Publikum. Ein weiteres Lernziel ist die Einübung des gemeinsamen wissenschaftlichen Diskurses, der sich aus Fragen und Diskussionen ergibt. Für die Erstellung der schriftlichen Ausarbeitung erworbene Fertigkeiten kommen den Studierenden später bei der Erstellung der Masterarbeit zugute.

5 Prüfungen

Benotete Modulprüfung. Voraussetzung ist eine regelmäßige Teilnahme an den Seminarsitzungen. Die Einübung des wissenschaftlichen Diskurses in der Gruppe als wichtiges Lernziel erfordert eine solche Anwesenheitspflicht. Ohne diese ist das Lernziel nicht oder nur mit erheblichem Mehraufwand erreichbar.

Modulprüfung: 90-minütiger mündlicher Vortrag zu einem vereinbarten Thema und schriftliche Ausarbeitung dieses Vortrags.

6	Prüfungsformen und –leistungen ☐ Modulprüfung:	⊠ Teilleistungen: eigener Vortrag und schriftlicher Ausarbeitung
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse der Allgemeinen Relativität	stheorie und Differentialgeometrie
8	Modultyp und Verwendbarkeit des N Wahlmodul im Masterstudiengang Phy	loduls sik/Mathematik
9	Modulbeauftragte(r) Ute Löw /Lorenz Schwachöfer	Zuständige Fakultät Physik/Mathematik

Modul: Seminar: Big Questions Seminar (PHY7310)

Studiengang: Master Physik, Master Medizinphysik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich im WS	1 Semester	1. Mastersemester	3	90 h		

1	Modulstr	uktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2	
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch				
3	Lehrinhal	te				
	Grundlegende philosophische Fragen aus Sicht der Physik, wie z.B. "Was ist Zeit?", "Was ist Bewusstsein?", "Wie entsteht klassische Realität aus einer zu Grund liegenden Quantenbeschreibung?", "Was ist Fundamental?", "Was ist das Verhältnis von Materie und Information?".					
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen, wie sich mit Hilfe von Konzepten aus der Quantenmechanik und der Informationstheorie grundlegende philosophische Fragen diskutieren lassen. Dabei können unterschiedliche Problemstellungen wie das Wesen der Zeit, das Verständnis von Bewusstsein, die Beziehung von Materie und Information, die Frage nach Natürlichkeit physikalischer Theorien, nach der Realität paralleler Universen oder der Beziehung von Quanteninformationsverarbeitung und Gravitation im Zentrum stehen. Daneben eignen sich die Studenten auch Präsentationstechniken zur Wissensvermittlung und Diskussionstechniken an.					
5	Prüfungen Studienleis Modulprüfu	ı tungen: Aktive Teilnahme an den Disku ıng: Benoteter eigener Vortrag.	issionen im A	nschluss an	die Vorträge.	
6	Prüfungsf ⊠ Modul	formen und –leistungen Iprüfung: eigener Vortrag □	Teilleistung			
7	Teilnahm Grundken	evoraussetzungen ntnisse Physik I-IV.				
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik, Mediz	inphysik			
9	Modulbea Prof. H. Pa	auftragte/r äs	Zuständige Physik	Fakultät		

Modul: Seminar: Neutrinos and Cosmology (PHY7311)

Studiengang: Master Physik, Master Medizinphysik					
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand	
jährlich im WS	1 Semester	1. Mastersemester	3	90 h	

1	1 Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	S	3	2		
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Englisch, Deutsch	·				
3	Lehrinhalte Aktuelle Forschungsarbeiten aus der Kosmologie und Neutrinophysik.						
4	Kompetenzen Die Studierenden lernen, sich aktuelle Forschungsarbeiten aus den Bereichen Kosmologie und Neutrinophysik zu erarbeiten, sowie sich allgemein mit englischsprachiger Literatur zu befassen. Daneben eignen sich die Studenten auch Präsentationstechniken zur Wissensvermittlung und Diskussionstechniken an.						
5	Prüfungen Studienleis Modulprüfu	tungen: Aktive Teilnahme an den Disku Ing: Benoteter eigener Vortrag.	ssionen im Ar	nschluss an	die Vorträge.		
6	Prüfungsf ⊠ Modul	ormen und –leistungen prüfung: eigener Vortrag □	Teilleistung				
7	Teilnahmevoraussetzungen: Grundkenntnisse Physik I-IV. Höhere Quantenmechanik, Einführung in die Elementarteilchentheorie, ggf. Kosmologie.						
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik, Medizi	nphysik				
9	Modulbea Prof. H. Pa	auftragte/r äs	Zuständige Physik	Fakultät			

Modul: Theorie des Magnetismus in Festkörpern (PHY7312)

M.S	cStudien	gang Physik				
Tur unre	nus: egelmäßig	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 13. Sem (M.Sc)	Credits 6	Aufwand 180 h	
1	Modulstr	uktur				
	Nr. Element / Lehrveranstaltung				Credits	SWS
	1	Theorie des Magnetis	mus in Festkörpern	V + Ü	6	2+1
2	Lehrveran	staltungssprache: De	eutsch oder Englisch			
	Modelle zu Ordnung ir geordneter Festkörper <u>Literatur:</u> 1 2. P. Faze 3. N. Majili	ir Beschreibung magnet n Festkörpern; Grundzu r Festkörper; Anregunge n; Vielteilchenmethode . W. Nolting und A. Rar kas, "Lecture Notes on I s, "The Quantum Theor	tiscner Ordnung in Fest standseigenschaften un en und Antwortfunktione n zur Untersuchung may nakanth, "Quantum The Electron Correlation and ry of Magnetism" (World	korpern; Theore Id Thermodynan en in magnetisch gnetischer Ordn eory of Magnetis d Magnetism" (V Scientific, 2007	me zur magi nik magnetis i geordneten ung in Festk m", (Springe /orld Scientif).	netischen ch örpern. r, 2009); fic, 1999);
4	Kompeter Die Studie Verwendur Bedingung Eigenscha	nzen Frenden erlernen am Sp Ing kanonischer Vielteilo Jen es in Festkörpern ften die so geordneten S	pezialproblem der mag hen-Methoden. Darübe n zu magnetischer C Systeme haben.	netischen Ordnu r hinaus wird ve rdnung komme	ung in Festk ermittelt, unte en kann ur	örpern die er welcher nd welche
5	Prüfunger	1 Ing: Papatota mündlich	o Dröfung (20 min)			
6	Prüfunas	sformen und –leistung	e Prulung (30 min) en			
	🗵 Modu	ulprüfung: mündlich	□ Teillei	istung		
7	Teilnahme Kenntnisse Festkörper	e voraussetzungen e aus den Vorlesunge physik" erforderlich	en "Thermodynamik u	nd Statistik" ur	nd "Einführu	ing in die
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit d Il im Masterstudiengang	les Moduls I Physik.			
9	Modulbea Jörg Büne	uftragte(r) mann	Zuständi Physik	ge Fakultät		

Modul: Mastermodul Theorie Weicher und biologischer Materie (PH7313)

Studiengang: Master Physik und Medizinphysik						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
nach Bedarf im WS	1 Semester	1. Sem. (M.Sc)	5	150 h		

1	Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit Übung		V+Ü	5	2 + 1
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch				
3	 Lehrinhalte Wichtige Systeme weicher und biologischer Materie: kolloidale Systeme, Flüssigkristalle, Polymere, flüssige Grenzflächen, fluide Membranen; Zellmembran, DNA, Zellskelett, Proteine, Motorproteine, Proteinfilamente. Statistische Physik: Virialentwicklung, Phasenübergänge (MeanField, Skalengesetze). Molekulare Wechselwirkungen: Debye-Hückel Theorie, vanderWaals Wechselwirkung, DLVO-Theorie, hydrophober Effekt, Wasserstoffbrücken, sterische Wechselwirkungen. Polymere: Kettenmodelle, Selbstvermeidung, Polymerlösungen, Adsorption, Gummielastizität. Flüssige Grenzflächen: Oberflächenspannung, Differentialgeometrie, Flächen konstater Krümmung, Kapillarwellen, Benetzung, Schäume. Membranen: Biegeenergie, Formen flüssiger Vesikeln, thermische Fluktuationen 					
4	KompetenzenDie Studierenden können die modernen Methoden der theoretischen Physik (aus den Bereichen statistische Physik, Mechanik, Elektrodynamik) interdisziplinär auf Systeme der Weichen Materie und biologischen Physik anwenden. In den Übungen lernen die Studierenden Probleme aus dem interdisziplinären Themenbereich Weiche Materie eigenständig als theoretisch-physikalisches Problem zu erfassen, zu lösen und in der Gruppe zu diskutieren.					
5	Prüfungen Studienleistung: Übungsaufgaben. Modulprüfung: Benotete Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.), wird zu Beginn der
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: Klausur oder mündlich		🗆 Tei	lleistung	
7	Teilnahm Physik I-I\	evoraussetzungen / sowie Thermodynamik und Statistik				
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik, Medi	zinphys	sik		
9	Modulbea Prof. J. Ki	auftragte/r erfeld	Zustäi Physik	ndige Fa	kultät	

Module: Lecture: Quantum the	ory of semiconductors (PHY7314)

Degree program: Physics (M.Sc.)					
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load	
On demand in SS	1 Semester	First or second sem.	3	90 h	

1	Module structure					
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours per week	
	1	Lecture	Lec	3	2	
2	Languag	je: English				
3	Content Semiconductors play a vital role in modern devices used in computers, smartphones and quantum technologies. Using a microscopic description of semiconductors, the lecture will introduce the basic concepts of semiconductor theory. The lecture covers several topics from semiconductor physics including semiconductor band structures, heterostructures, excitons, light-matter interaction, transport theory as well as two dimensional materials like graphene or transition metal dichalcogenides. This gives a solid background to understand modern research papers. Literature: A script will be provided during the lecture.					
4	Learning outcome The students acquire fundamental knowledge of semiconductor physics, such that they are able to understand and explain different phenomena observed in semiconductors. Additionally, they learn how to theoretically model semiconductors and their nanostructures.					
5	Examina Graded c	ition bral examination (20-30min)				
6	Coursework and examination requirements Module examination: Graded oral examination (20-30min)					
7	Prerequi Knowledg	i sites ge on quantum mechanics, Introductic	on into solid st	ate theory		
8	Module 1 Elective	t ype module				
9	Respons Dr. Doris	sible Reiter	Organizatio Department	n of Physics		

Module: Ask me anything: Quantum Dots (PHY7315)						
Degree program: P	hysics (M.Sc.)					
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load		
On Demand 1 Semester First or second sem. 3 90 h						

1	Module structure					
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours per week	
	1	Seminar	Sem	3	2	
2	Languag	je: English (preferred)		·		
3	3 Content This topic of this seminar is the physics and theoretical description of semiconductor quantum dots. Quantum dots are prime examples for few-level systems and can be excited by optica fields, while still being solid-state objects. As photon sources, they are actively used in state-of-the-art devices in quantum technologies. Therefore, discussing quantum dots covers aspects from solid-state theory, semiconductor physics and quantum optics. Examples for topics are state preparation schemes for quantum dots like Rabi rotations or adiabatic rapic passage, electron-phonon interaction and the reappearance regime, magnetically doped quantum dots, photonic states generated by quantum dots in a cavity, entangled photor generation from quantum dots. To cover these topics, the students are given material (either lecture notes, fundamental papers or recent research articles) covering one session. Each session will be hosted by a student who is responsible for asking questions to the lecturer. Such that the full content of the session.					
4	Learning outcome The students acquire in-depth knowledge about a modern topic of physics. This includes self-study of an advanced topics in solid-state theory. By taking the active role of the chair, the students to learn how to ask questions and moderate a discussion. The seminar language shall be English, such that the students learn how to formulate questions and discuss in the language spoken at most conferences.					
5	Examina Graded o	ition chairing of one seminar session				
6	Coursework and examination requirements Course work: Active participation in the seminar. Module examination: Graded chairing of one seminar session					
7	Prerequisites Basic knowledge about solid-state physics and quantum mechanics					
8	Module 1 Elective 1	t ype module				
9	Respons Dr. Doris	sible Reiter	Organization Department of	Physics		

Module: Advanced Topics in Quantum Field	Theory (PHY7316)
--	------------------

Degree program: Physics (M.Sc.)						
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load		
By the semester	1 Semester	From the first sem.	6	240 h		

1	Module structure					
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours per week	
	1	Lecture	Lec	3	2	
	2	exercise session / seminar session	Lab	3	2	
2	Languag	e: English	·		•	
3	Content This course covers advanced topics of quantum field theory that typically have not been covered in depth in the mandatory course of "Theoretical Elementary Particle Physics". Key topics: - Quantisation of non-abelian gauge theories - Renormalisation in QED and QCD - Effective field theories - Renormalisation with EFTs - Spontaneous symmetry breaking of global symmetries					
4	Learning outcome The students acquire basic knowledge of the concepts and computational methods required for research projects in theoretical particle physics. The concepts of renormalisation and effective field theories are introduced and illustrated in terms of examples relevant to modern particle physics. Self-reading and the use of available computer algebra tools is encouraged and promoted through the exercise/seminar session.					
5	Examina Module exercise	tion examination (lecture) or module co session and/or seminar)	mponent exan	ninations (le	ecture and optional	
6	Coursework and examination requirements Course work: active participation in the lecture and the exercise sessions. Examination: Graded oral examination; the exercise/seminar session is not graded but part of the course work.					
7	Prerequisites Advanced Quantum Mechanics. (It will be helpful if the/a "Theoretical Elementary Particle Physics" and/or the "Quantum field theory" course has been attended.)					
8	Module 1 Elective r	t ype module				
9	Respons J. Prof. E	sible Emmanuel Stamou	Organization Department or	f Physics		

Modul: From Standard Model to BSM Physics (PHY7317)

Studiengang: Physik (M.Sc), Intl Master				
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand
nach Bedarf im SS	1 Semester	2. Sem. (Intl M.Sc)	3	90 h
		2. Sem. (M.Sc)		

1	Modulstr	uktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Vorlesung	V	3	2	
2	Lehrveranstaltungssprache: Englisch					
3	Lehrinhal Concepts and directi Standard I BSM: Flav stability, L Tools: Cor functions a	te of modern particle physics models; Th ions and phenomenological tool to BS Model: Lagrangian, Matter, Symmetrie ror,, Leptoquarks, Vector-Like Fermior andau poles mputing tools for practicioners: Flts, C and evolution	ne ingredients M model build es ns, Z'-Models, ross sections,	oft he Standa ling. model-indep Wilson coeff	ard model endent approaches, icients, beta-	
4	Kompeter Students u Indepth ar pursue res	nzen understand the foundations oft he SM nalysis of BSM benchmarks and intrid search in particle theory and phenome	and modern o uction of tools enology.	concepts to B allows them	SM physics. to	
5	Prüfunge Studienlei Modulprüf	n stung: aktive Mitarbeit ung: Vortrag (30 Min) oder Klausur				
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: Klausur oder mündlich	ПТ	eilleistung		
7	Teilnahm ETT	evoraussetzungen				
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik, oder	Intl Master			
9	Modulbea Prof. G.Hi	auftragte/r ller	Zuständige I Physik	Fakultät		

Modul: Experimentelle Übungen für Masterstudierende I / II (PHY741/841), bis SS 18

M.S	M.ScStudiengang: Physik						
Tur	nus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jähr	lich	je 1 Semester	1. bzw. 2. Sem.	jeweils 10	jeweils 300h		
bis	SS 18						
				L	1		
1	Modulstruktur						
	5 SWS, Praktikum; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrener						
	Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern betreut.						
2	Lehrveranstaltung	gssprache: Deuts	ch				
3	Lehrinhalte Physikalische Expe Es werden die von Praktika des Bache erweitert. Neben w Festkörperphysik v werden umfangreic Projektpraktika ges Abriss der theoretis Kenntnisse im Selk Fachzeitschriften g Literatur: Es wird e erforderliche Litera Bergmann, Schäfe Leo, Techniques fo Thorne, Litzen, Joh Fachzeitschriftenar	erimente und Mess den Studierenden elorstudiengangs ve eiterführenden Ver vird auch tiefer in d che Versuche an de setzt. Die jeweiliger schen und experim oststudium erworbe elernt wird. in Skript zur Verfüg tur z.B.: r, Lehrbuch der Exp or Nuclear and Part hansson, Spectroph tikel	methoden: erworbenen Kenntnis ertieft und und im Hin suchen zur Elementa ie Forschungsrichtunge en Lehrstühlen durchg versuchsanleitunge entellen Grundlagen, en werden müssen un gung gestellt. Zusätzli perimentalpysik 1-6 (icle Physics Experimentalpysik 1-6 (se und Fähigkeite blick auf aktuelle rteilchen-, Kern-, g des Fachbereich geführt und Schwe n enthalten ledigli sodass die erford d der Umgang mi che für das Verstä Walter de Gruyter ents (Springer 199)	en aus den Techniken Atom- und ns eingeführt, es erpunkte in ch einen kurzen lerlichen t (englischen) ändnis 1990) 94)		
4	Kompetenzen Die Studierenden s durchzuführen, zu gelernt sich selbstä aus verschiedenen auszuwählen und a gegebenenfalls zu Arbeitsprozess spr diskutieren. Sie ha kommunizieren.	sind in der Lage, ko analysieren und de andig in ein Thema Messtechniken bz anzuwenden. Die S beheben. Die Stud achlich zu formulie ben gelernt, im Tea	omplexe Experimente en Sachverhalt wisser (mit englischsprachli w. Analysemethoden Studierenden haben g lierenden sind in der l ren, zu dokumentiere am zu arbeiten und m	eigenständig zu v schaftlich darzus cher Literatur) ein eine geeignete M elernt Fehler zu s _age einen wisser n und seine Ergel iteinander wissen	verstehen, tellen. Sie haben zuarbeiten, sowie lethode uchen und nschaftlichen bnisse kritisch zu schaftlich zu		
5	Prüfungen						
	Studienleistungen:	Vorbereitung, Vers	suchsdurchführung ur	nd testierte Versuo	chsprotokolle,		
	Poster						
	Modulprüfung: Ben	otete mündliche Pi	rüfung (30 min) über l	PHY741/841 am E	Ende von PHY841.		
6	Prüfungsformen ⊠ Modulprüfun	und –leistungen g: mündlich	□ Teilleis	tung			
7	Teilnahmevoraus -keine-	setzungen					
8	Modultyp und Ver Pflichtmodul im Ma	wendbarkeit des sterstudiengang P	Moduls hysik				
9	Modulbeauftragte Dekan/in Physik	/r	Zuständig e Physik	e Fakultät			

Мо	Modul: Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudierende I (PHY742), ab WS 18/19					
M.S	M.ScStudiengang: Physik					
Tur jähi ab	mus: rlich im WS WS 18/19	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 1. Semester	Credits 6	Aufwand 180h, davon 60,5h Präsenz und Prüfungen	
1	Modulstruktur 4 SWS, Praktikum Wissenschaftlern b	; die Versuche etreut.	werden in Kleingrupp	en durchge	führt, und von erfahrenen	
2	Lehrveranstaltung	yssprache: De	utsch			
3	Lehrinhalte Physikalische Expe Es werden die von des Bachelorstudie weiterführenden V durchgeführt Die j theoretischen und Selbststudium erwe gelernt wird. Literatur: Es wird ei Literatur z.B.: Bergmann, Schäfer Leo, Techniques fo Thorne, Litzen, Joh Fachzeitschriftenar	erimente und Me den Studierend ingangs vertieft /ersuchen zur eweiligen Versu experimentelle orben werden r in Skript zur Ver r, Lehrbuch der r Nuclear and P ansson, Spectro tikel	essmethoden: en erworbenen Kenntn und im Hinblick auf ak Elementarteilchen-, I uchsanleitungen entha en Grundlagen, so da müssen und der Umga ffügung gestellt. Zusätz Experimentalphysik 1-(Particle Physics Experin ophysics (Springer 199	isse und Fä tuelle Tech Kern-, Ator Iten lediglic ss die erfo ang mit (eng cliche für da 6 (Walter de nents (Sprin 9)	higkeiten aus den Praktika niken erweitert. Es werden m- und Festkörperphysik h einen kurzen Abriss der orderlichen Kenntnisse im glischen) Fachzeitschriften s Verständnis erforderliche e Gruyter 1990) nger 1994)	
4	Kompetenzen Die Studierenden durchzuführen, zu gelernt sich selbstä aus verschiedene auszuwählen und gegebenenfalls zu Arbeitsprozess spr diskutieren. Sie ha kommunizieren.	sind in der L analysieren und andig in ein The en Messtechnil anzuwenden. beheben. Die achlich zu form aben gelernt, ir	age, komplexe Expe d den Sachverhalt wis ema (mit englischsprac ken bzw. Analysem Die Studierenden ha Studierenden sind in sulieren, zu dokumentie m Team zu arbeiten	erimente eig senschaftlic hlicher Liter ethoden e ben gelern der Lage eren und se und miteina	genständig zu verstehen, ch darzustellen. Sie haben ratur) einzuarbeiten, sowie eine geeignete Methode t Fehler zu suchen und einen wissenschaftlichen eine Ergebnisse kritisch zu ander wissenschaftlich zu	
5	Prüfungen Studienleistungen: Modulprüfung: Ben	Vorbereitung, V otete mündliche	/ersuchsdurchführung ι e Prüfung (30 min).	und testierte	e Versuchsprotokolle.	
6	Prüfungsformen ⊠ Modulprüfun	und –leistunge g: mündlich	en 🗆 Teille	istung		
7	Teilnahmevorauss -keine-	setzungen				
8	Modultyp und Ver Pflichtmodul im Ma	wendbarkeit de sterstudiengang	es Moduls g Physik			
9	Modulbeauftragte Dekan/in Physik Lehrende	r	Zuständi Physik	ge Fakultät		
	Alle Lehrenden der	Experimentalpl	hysik			

Modul: Computerpraktikum: Angewandte Protonentherapie (KM09/APM11)

Studiengang: Master Medizinphysik und Master Physik				
Turnus: SoSe	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 12. Sem.	Credits 6	Aufwand 180 h

1	Modulstruktur					
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS	
	1	Computerpraktikum	Р	6	4	
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch					
3	LehrinhalteGrundlagen der Monte Carlo Simulationsmethode• Wechselwirkung ionisierender Strahlung und Beschreibung mittels Computersimulationen• Fokus: Protonenstrahlung und Feldformung für klinische Anwendungen in Strahlentherapie• Simulation von Patientenbestrahlungen durch Integration von CT-Bild-Datensätzen• weitere wechselnde Themen: z.B. Strahlenschutz oder biologische WirksamkeitBei jeder Veranstaltung folgt auf eine kompakte Einführung in die Thematik deren direkte Umsetzung in selbst zu erstellende Simulationen. In einer abschließenden Projektarbeit wird eine vollständige Bestrahlung simuliert und aus klinischer Sicht evaluiert.					
4	 Kompetenzen Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können Studierende Grundlagen der Monte Carlo (MC) Simulationstechnik benennen und diese auf konkrete Fragestellungen mit ionisierender Strahlung anwenden. Ergebnisse aus Simulationen interpretieren, verarbeiten und in geeigneter Weise darstellen. die Wirkung einzelner Komponenten unterschiedlicher Strahlformungstechniken für klinische Behandlungsfelder erklären und mit Hilfe von Computersimulationen nachstellen. Unterschiede der physikalischen Dosisverteilung von verschiedenen Strahlenarten und Bestrahlungstechniken erkennen und erklären. die Datenstruktur des klinischen Standard-Dateiformates (DICOM) erklären und Inhalte in geeigneter Software darstellen, einlesen und verarbeiten. das Erstellen einfacher Protonen-Bestrahlungspläne beschreiben, diese unter klinischen Gesichtspunkten evaluieren und das Gelernte in einem konkreten Projekt umsetzen.					
5	Prüfungen Studienleistung: schriftlicher Projektbericht Modulprüfung: wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.					
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: Klausur oder mündlich □ Teilleistung					
7	Teilnahmevoraussetzungen Wünschenswert sind Grundkenntnisse im Bereich Strahlungsphysik bzw. Wechselwirkung von Strahlung und Materie.					
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik; Master Medizinphysik: siehe Modulhandbuch Medizinphysik					
9	Modulbea JProf. Dr.	auftragte/r Lühr	Zuständige Physik	Fakultät		

Module Semester 8 (Master)

Modul: Flavorphysik in Experiment und Theorie (PHY811)

Studiengang: Physik (M.Sc.)					
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand	
nach Bedarf im	1 Semester	1./2. Semester	6	180 h	
SS					

1	Modulstruktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung	V	4.5	3
	2	Ubung zur Vorlesung	U	1.5	1
	Es hande Dortmund Videokon	elt sich um eine Veranstaltung, die gem d angeboten wird. Ein Teil der Vo Iferenz übertragen.	neinsam von de rlesungen wird	r Universität S 1 aus bzw. i	Siegen und der TU nach Siegen per
2	Lehrvera	Instaltungssprache: Deutsch oder Er	nglisch		
3	Lehrinhalte Historische Einführung in die Flavourphysik aus theoretischer und experimenteller Sicht. Flavour-Struktur des Standardmodells, Herleitung der Quarkmischungs Matrix (CKM), Messung der CKM Parameter, detaillierte Diskussion der CP-Verletzung, Messung CP- Verletzender Parameter, kurzreichweitige Struktur der Flavour-Übergänge, effektiver Hamiltonian von Flavour-Ändernden Prozessen, Theorie exklusiver Zerfälle, Messungen zu Elektroschwachen-Pinguin Zerfällen, Lepton-Flavour-Physik, Top-Flavour-Physik.				
4	Kompetenzen Die Studierenden erhalten weiterführende Einblicke in theoretische und experimentelle Aspekte der Flavourphysik. Die Vorlesung wird etwa zur Hälfte als Theorie- und zur Hälfte als Experimentalphysik-Vorlesung gehalten.				
5	Prüfunge	n			
	Studienleistungen: aktive Teilnahme an der Übung. Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung je nach Teilnehmerzahl.				
6	 Prüfungsformen und –leistungen Modulprüfung: schriftlich oder mündlich Teilleistung 				
7	Teilnahmevoraussetzungen keine				
8	3 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach				
9	Modulbe Prof. Dr.	a uftragte/r Th. Mannel (Siegen)	Zuständige F Physik	akultät	
Modul: Beschleunigerphysik II (PHY812)

Studiengang: Master Physik						
Turnus: jährlich im SS	Dauer: 1 Semester	Studienabschnitt: 8. Studiensemester 2. Mastersemester	Credits 6	Aufwand 180 h		

Nr. Element / Lehrveranstaltung Typ Credits SWS 1 Vorlesung V 3 2 2 Übungen + Seminar Ü+S 3 2 2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch Lehrinhalte Xurze Wiederholung der Grundlagen: Longitudinale und transversale Strahldynamik, Synchrotronstrahlung Eine mit den Studierenden abgestimmte Auswahl aus folgenden Spezialthemen: Supraleitende Magnete und Hochfrequenzstrukturen, Strahldignose, Erzeugung ultrakurzer Strahlungspulse, Theorie der Freie-Elektronen-Laser, kollektive Phänomene in Speicherringen, Strahlkühlung, Hamiltonsche Strahldynamik, besondere Beschleunigeranlagen (z.B. energy-recovery-Linearbeschleuniger, Spallationsquellen, Neutrino-Fabriken), neue Konzepte (z.B. Laser-Plasma-Beschleuniger) Exkursion zu einem auswärtigen Beschleunigerlabor 4 Kompetenzen Die Studierenden lernen mehrere aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik kennen, wobei eine ausgewogene Mischung aus Theorie, experimenteller Physik und Beschleunigertechnologie angestrebt wird. Die Studierenden führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zu den jeweiligen Themen aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z. B. Matlab geübt wird. Das Seminarprogramm besteht aus je einem Vortag pro Teilnehmer/in, ggf. ergänzt durch Gastvorträge. Hierdurch üben die Studierenden, sich selbständig in ein Spezialthema einzuarbeiten und dieses verständlich darzustellen. 5 Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Als Zulas	1	Modulstruktur						
1 Vorlesung V 3 2 2 Übungen + Seminar Ü+S 3 2 2 Übungen + Seminar Ü+S 3 2 2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 3 2 3 Lehrinhalte Kurze Wiederholung der Grundlagen: Longitudinale und transversale Strahldynamik, Synchrotronstrahlung Eine mit den Studierenden abgestimmte Auswahl aus folgenden Spezialthemen: Supraleitende Magnete und Hochfrequenzstrukturen, Strahldidagnose, Erzeugung ultrakurzer Strahlungspulse, Theorie der Freie-Elektronen-Laser, kollektive Phänomene in Speicherringen, Strahlkühlung, Hamiltonsche Strahldynamik, besondere Beschleunigeranlagen (z.B. energy-recovery-Linearbeschleuniger, Spallationsquellen, Neutrino-Fabriken), neue Konzepte (z.B. Laser-Plasma-Beschleuniger) Exkursion zu einem auswärtigen Beschleunigerlabor 4 Kompetenzen Die Studierenden lernen mehrere aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik kennen, wobei eine ausgewogene Mischung aus Theorie, experimenteller Physik und Beschleunigertechnologie angestrebt wird. Die Studierenden führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zu den jeweiligen Themen aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Matlab geübt wird. Das Seminarprogramm besteht aus je einem Vortrag pro Teilnehmer/in, ggf. ergänzt durch Gastvorträge. Hierdurch üben die Studierenden, sich selbständig in ein Spezialthema einzuarbeiten und dieses verständlich darzustellen. 5 Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbring		Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
2 Übungen + Seminar Ü+S 3 2 2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 3 1 3 Lehrinhalte Kurze Wiederholung der Grundlagen: Longitudinale und transversale Strahldynamik, Synchrotronstrahlung Eine mit den Studierenden abgestimmte Auswahl aus folgenden Spezialthemen: Supraleitende Magnete und Hochfrequenzstrukturen, Strahldiagnose, Erzeugung ultrakurzer Strahlungspulse, Theorie der Freie-Elektronen-Laser, kollektive Phänomene in Speicherringen, Strahlkühlung, Hamiltonsche Strahldynamik, besondere Beschleunigeranlagen (z.B. energy-recovery-Linearbeschleuniger, Spallationsquellen, Neutrino-Fabriken), neue Konzepte (z.B. Laser-Plasma-Beschleuniger) Exkursion zu einem auswärtigen Beschleunigerlabor 4 Kompetenzen Die Studierenden lernen mehrere aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik kennen, wobei eine ausgewogene Mischung aus Theorie, experimenteller Physik und Beschleunigertechnologie angestrebt wird. Die Studierenden führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zu den jeweiligen Themen aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Matlab geübt wird. Das Seminarprogramm besteht aus je einem Vortrag pro Teilnehmer/in, ggf. ergänzt durch Gastvorträge. Hierdurch üben die Studierenden, sich selbständig in ein Spezialthema einzuarbeiten und dieses verständlich darzustellen. 5 Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben, aktive Teilnahme an den Übungen, ein Seminarvortrag (20-30 min) Teilleistung 7 Teilnahmevoraus		1	Vorlesung	V	3	2		
2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 3 Lehrinhalte Kurze Wiederholung der Grundlagen: Longitudinale und transversale Strahldynamik, Synchrotronstrahlung Eine mit den Studierenden abgestimmte Auswahl aus folgenden Spezialthemen: Supraleitende Magnete und Hochfrequenzstrukturen, Strahldiagnose, Erzeugung ultrakurzer Strahlungspulse, Theorie der Freie-Elektronen-Laser, kollektive Phänomene in Speicherringen, Strahlkühlung, Hamiltonsche Strahldynamik, besondere Beschleunigeranlagen (z.B. energy-recovery-Linearbeschleuniger, Spallationsquellen, Neutrino-Fabriken), neue Konzepte (z.B. Laser-Plasma-Beschleuniger) Exkursion zu einem auswärtigen Beschleunigerlabor 4 Kompetenzen Die Studierenden lernen mehrere aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik kennen, wobei eine ausgewogene Mischung aus Theorie, experimenteller Physik und Beschleunigertechnologie angestrebt wird. Die Studierenden führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zu den jeweiligen Themen aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Mattab geübt wird. Das Seminarporgramm besteht aus je einem Vortrag pro Teilnehmer/in, ggf. ergänzt durch Gastvorträge. Hierdurch üben die Studierenden, sich selbständig in ein Spezialthema einzuarbeiten und dieses verständlich darzustellen. 5 Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Als Zulassungsvoraussetzungen: Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Teilnahme am Modul Beschleunigerphysik I. 7 <th></th> <th>2</th> <th>Übungen + Seminar</th> <th>Ü+S</th> <th>3</th> <th>2</th>		2	Übungen + Seminar	Ü+S	3	2		
3 Lehrinhalte Kurze Wiederholung der Grundlagen: Longitudinale und transversale Strahldynamik, Synchrotronstrahlung Eine mit den Studierenden abgestimmte Auswahl aus folgenden Spezialthemen: Supraleitende Magnete und Hochfrequenzstrukturen, Strahldiagnose, Erzeugung ultrakurzer Strahlungspulse, Theorie der Freie-Elektronen-Laser, kollektive Phänomene in Speicherringen, Strahlkühlung, Hamiltonsche Strahldynamik, besondere Beschleunigeranlagen (z.B. energy-recovery-Linearbeschleuniger, Spallationsquellen, Neutrino-Fabriken), neue Konzepte (z.B. Laser-Plasma-Beschleuniger) Exkursion zu einem auswärtigen Beschleunigerlabor 4 Kompetenzen Die Studierenden lernen mehrere aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik kennen, wobei eine ausgewogene Mischung aus Theorie, experimenteller Physik und Beschleunigertechnologie angestrebt wird. Die Studierenden führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zu den jeweiligen Themen aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Matlab geübt wird. Das Seminarprogramm besteht aus je einem Vortrage Rodulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben, aktive Teilnahme an den Übungen, ein Seminarvortrag (20-30 min) 6 Prüfungsformen und -leistungen	2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch	·	•			
 Kompetenzen Die Studierenden lernen mehrere aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik kennen, wobei eine ausgewogene Mischung aus Theorie, experimenteller Physik und Beschleunigertechnologie angestrebt wird. Die Studierenden führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zu den jeweiligen Themen aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Matlab geübt wird. Das Seminarprogramm besteht aus je einem Vortrag pro Teilnehmer/in, ggf. ergänzt durch Gastvorträge. Hierdurch üben die Studierenden, sich selbständig in ein Spezialthema einzuarbeiten und dieses verständlich darzustellen. Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben, aktive Teilnahme an den Übungen, ein Seminarvortrag (20-30 min) Prüfungsformen und -leistungen ⊠ Modulprüfung: mündlich □ Teilleistung Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Teilnahme am Modul Beschleunigerphysik I. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik 	3	Lehrinhalte Kurze Wiederholung der Grundlagen: Longitudinale und transversale Strahldynamik, Synchrotronstrahlung Eine mit den Studierenden abgestimmte Auswahl aus folgenden Spezialthemen: Supraleitende Magnete und Hochfrequenzstrukturen, Strahldiagnose, Erzeugung ultrakurzer Strahlungspulse, Theorie der Freie-Elektronen-Laser, kollektive Phänomene in Speicherringen, Strahlkühlung, Hamiltonsche Strahldynamik, besondere Beschleunigeranlagen (z.B. energy-recovery-Linearbeschleuniger, Spallationsquellen, Neutrino-Fabriken), neue Konzepte (z.B. Laser-Plasma-Beschleuniger) Exkursion zu einem auswärtigen Beschleunigerlabor						
 5 Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben, aktive Teilnahme an den Übungen, ein Seminarvortrag (20-30 min) 6 Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: mündlich □ Teilleistung 7 Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Teilnahme am Modul Beschleunigerphysik I. 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik 9 Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik 	4	Kompetenzen Die Studierenden lernen mehrere aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik kennen, wobei eine ausgewogene Mischung aus Theorie, experimenteller Physik und Beschleunigertechnologie angestrebt wird. Die Studierenden führen im Rahmen von Übungen Berechnungen zu den jeweiligen Themen aus, wobei auch der Umgang mit einer Skriptsprache wie z.B. Matlab geübt wird. Das Seminarprogramm besteht aus je einem Vortrag pro Teilnehmer/in, ggf. ergänzt durch Gastvorträge. Hierdurch üben die Studierenden, sich selbständig in ein Spezialthema einzuarbeiten und dieses verständlich darzustellen.						
6 Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: mündlich □ Teilleistung 7 Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Teilnahme am Modul Beschleunigerphysik I. 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik 9 Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik	5	Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben, aktive Teilnahme an den Übungen, ein Seminarvortrag (20-30 min)						
 7 Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Teilnahme am Modul Beschleunigerphysik I. 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik 9 Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik 2 Zuständige Fakultät Physik 	6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: mündlich						
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik 9 Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik 2 Zuständige Fakultät Physik	7	Teilnahm Relativität	evoraussetzungen: Kenntnisse in tstheorie. Teilnahme am Modul Besch	klassischer l Ileunigerphysik	Elektrodyna I.	mik und spezieller		
9Modulbeauftragte/rZuständige FakultätDekan/in PhysikPhysik	8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik						
	9	Modulbe Dekan/in	auftragte/r Physik	Zuständige F Physik	akultät			

Module: Experimental aspects of particle physics (PHY822)

Degree program: Physics (M.Sc.)							
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load			
Summer semester	1 Semester	Second semester	6	120 h			

1	Module	structure			
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours
					per week
	1	Lecture	Lec	3	2
	2	Exercise session	Exer.	3	2
2	Languag	je: English. If no international student	s are present, tl	ne language	can be switched to
	German.				
3	Content				
	Experime	ental aspects of particle physics with va	arying focus, e.g	j. searches f	or new phenomena,
	precision	measurements, current and future	experiments.	Basic experi	imental methods in
	accelerat	or-based particle physics.			
4	Learning	g outcome		-	
	This subj	ect focus on experimental techniques	necessary to pe	erform meas	urements in the field
	of particle	e physics. The student will learn in-de	epth aspects in	the subject	area, with particular
	attention	to data analysis. He/She will acquir	re the necessa	ry knowledg	ge and skill to treat
	complex	measurements and systematics effect	is. In addition to	professiona	al training, at the end
-	of the co	urse, the student will be able to read of	critically original	literature.	
5	Examina	Ition			
6	Graded r	nodule examination			
ø	Coursew	ork and examination requirements			
	Modulo	ork. Active participation in the exercise			
7	Proroqui		// 1		
'	Basic kn	suledge of particle physics			
•					
8	Module	type			
	Flective	module			
9	Respons	sible	Organization		
	Dean of t	the Department of Physics	Department of	Physics	

Modul: Astroteilchenphysik (PHY823)

Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
regelmäßig im SS	1 Semester	6. Sem. (B.Sc)	6	180 h			
		2. Sem (M.Sc)					

1	Modulstr	uktur				
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS
	1	Vorlesung mit integrierter Übung		V+Ü	6	4
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch			1	
3	 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch Lehrinhalte Kosmische Strahlung: Kerne, Elektronen, Photonen, Neutrinos, Nachweis energiereicher Teilchen, Beschleunigungsmechanismen, Propagation der Teilchen durch das interstellare Medium, Interaktion und Zerfall, galaktische Magnetfelder, kosmische Hintergrundstrahlung, Infrarothintergrund, kosmologische Aspekte, Stern- und Galaxienentstehung. <u>Astrophysikalische Quellen:</u> Überreste von Sternexplosionen, kompakte Objekte (schwarze Löcher, Neutronensterne), Stoßwellen in der abgestoßenen Sternenhülle, Molekülwolken, Starburst – Galaxien, Galaxienhaufen, Supernovae, Binärsysteme, Mikroquasare, Kerne aktiver Galaxien, Gamma Ray Bursts. <u>Teilchenphysikalische Quellen:</u> Spallation, Dunkle Materie (WIMPs), Topologische Defekte, Monopole, Protonzerfall, Axionen, <u>Teilchenphysikalische Messungen:</u> inklusive Wirkungsquerschnitte, Energieverlust im Medium, Neutrinooszillationen, Physik bei höchsten Energien. <u>Nachweisinstrumente</u>: optische Teleskope, Radioteleskope, Luftschaueranlagen, Gamma-Ray-Teleskope, Neutrino-Teleskope, Satellitenexperimente, Niederenergiedetektoren. <u>Praktische Konsequenzen</u>: biologische Auswirkungen, technologische Konsequenzen Literatur: Astroteilchenphysik. Das Universum im Licht der kosmischen Strahlung, Claus Grupen. Springer, Heidelberg 2000. Teilchenastrophysik. Hans Volker Klapdor-Kleingrothaus, Kai Zuber, Stuttgart 1997. Astroparticle Physics: Theory and Phenomenology, Günter Sigl, Atlantis Press 2016. Cosmic Rays and Particle Physics, Thomas Gaisser, Cambridge 2016. Cosmic Ray Astrophysics, Berahlurd Schlickeiser, Berlin Heidelberg New York 2002, An Introduction to Modern Astrophysics, Bradley W. Carroll, Dale A. Ostlie, Reading, Menlo Park New York 					
4	Kompetenzen Die Studierenden erlernen Inhalte aus dem Grenzbereich zwischen Astronomie, Kern- und Teilchenphysik und Kosmologie und deren interdisziplinäre Diskussion. Erlernt werden auch auf dem Zusammenspiel von Theorie und Experiment beruhende Argumentationstechniken. Anhand von phänomenologischen Rechnungen wird erlernt, die Tragweite von Experimenten zu planen und zu prüfen. Früfungen Studienleistungen: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen. Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung, wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.					
6	Prüfungs	tormen und –leistungen Ilprüfung: schriftlich oder mündlich	n 🗆] Teilleis	stung	
7	Teilnahm Kenntniss	evoraussetzungen e aus Einführung in die Kern- und Ele	mentar	teilchenp	ohysik	
8	Modultyp Wahlmod	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Bachelorstudiengang Physik ode	er im Ma	asterstud	liengang Ph	ysik
9	Modulbea Prof. W. F	auftragte/r Rhode	Zustär Physik	ndige Fa	nkultät	

Mc	Modul: Astroteilchenphysik II (PHY823.2)							
Stu	Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.)							
Tur	nus:		Dauer:	Studienabschnitt:		Cre	edits	Aufwand
reg	gelmäßig i	m WS	1 Semester	5. Sem. (B.Sc)		3		90 h
				1. Sem (M.Sc)				
1	Modulstr	uktur						
	Nr.	Eleme	nt / Lehrveranstal	tung	Тур		Credits	SWS
				-				
	1	Vorles	ung mit integrie	rter Übung	V		3	2
2	Lehrverar	nstaltun	gssprache: Deuts	sch				
3	Lehrinhal	te [.]	500praonor Board					
Ŭ	Frühes Ur	iversum	. Urknall Inflatio	n und thermische Enty	wicklu	ingr	les Kosmos.	Freeze-Out und
	schwere F	Relikte. I	Kosmischer Neutr	inohintergrund. Propa	gatio	n en	ergiereicher	Teilchen:
	Absorptio	nsproze	sse, extragalaktis	che Strahlungsfelder	, Plasr	nen	im interstel	laren und
	intergalak	tischen	Raum, Teilchenw	echselwirkungen. Dur	, nkle M	ater	rie: Modelle	ienseits des
	Standard	modells	der Teilchenphysi	ik, Indikatoren, Halobi	ildung	unc	– I – Entwicklu	ng,
	Leistungs	spektru	m der Dichteflukt	uationen, direkte und	indire	kte	Suche nach	der dunklen Materie
	mit boder	i- und w	eltraumbasierten	Experimenten. AGN -	Mode	elle:	Leptonische	e und hadronische
	Modelle f	ür Blaza	re. Inverse Compt	onstreuung, interne u	nd ext	ern	e Strahlungs	felder,
	photohad	ronische	e und pp-Modelle,	Implikationen für Gar	mma-	und	Neutrinobe	obachtungen.
	<u>Gravitatio</u>	nswelle	<u>n: </u> experimentelle	Nachweismethoden u	und Mi	ulti-	Messenger-	Astronomie.
	Literatur:							
	Cosmic R	ay Astro	physics, Reinhard	d Schlickeiser, Berlin H	Heidel	berg	g New York 2	002. Gravitation and
	Cosmolog	gy: Princ	iples And Applica	tions Of The General T	heory	Of F	Relativity, St	even Weinberg,
	Wiley Indi	ia, 2017.	Gravity, Black Ho	oles, and the Very Early	y Univ	erse	e. An Introdu	ction to General
	Relativity	and Cos	smology, Tai L. Ch	ow, Springer 2007.				
1.	Kompete	n70r						
-+		arandan	erlernen Inhalte	aus aktuelleten Fored	hunge	frag	en der Aetro	teilchennhysik und
	Kosmolog	aio mit h	esonderem Fokus	aus aktuelisten roisci sauf die Vorgänge im 2	Tueam	inag imai	nhang mit st	arker Gravitation
	und das f	rühe I In	iversum Frlernt w	verden auch fortgesch	ritton	e nh	inang init st ianomenolog	dische
	Rechente	chniken	und die wissenso	haftlich-kritische Lek	türe u	und I	Finordnung	aktueller
	experime	ntelle u	nd theoretischer F	Publikationen.				
5	Prüfunge	n						
U	Benotete Modulorüfung							
	201101010	modulp						
6	Prüfunge	formen	und –leistungen					
	Studienle	istung	Aktive Teilnahme	an den Übungen				
	Modulprü	ifung: so	hriftlich (Klausur	120 min) oder mündlic	:h (30 r	min)	, wird zu Beg	inn bekanntgegeben

7	Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Ele	ementarteilchenphysik sowie Astroteilchenphysik			
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik				
9	Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode	Zuständige Fakultät Physik			

Modul: Grundlagen der Detektorphysik (PHY825)

Studiengang: Physik (M.Sc.)						
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand		
jährlich	1 Semester	1./2. Sem (M.Sc)	3	90 h		

1	Modulstruktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	1	Vorlesung	V	3	2		
2	Lehrvera	anstaltungssprache: Deutsch oder E	Inglisch				
3	Lehrinhalte Wechselwirkungen von geladenen, neutralen Teilchen und von Photonen mit Materie, Überblick über Gesamtdetektorsysteme, gasgefüllte Ionisationsdetektoren (Typen und Betriebsarten, Ionisation und Ladungsverlust, Bewegung im elktr. und magn. Feld, Proportionalkammern, Driftkammern), Halbleiterdetektoren (Grundlagen, pn-Übergang und Grenzflächen, Bautypen, Pixeldetektoren), Szintillationsdetektoren (Funktion, Anwendungen), Kalorimetrie (elektromagnetisch und hadronisch, homogen und sampling), Teilchenidentifikation, Triggersysteme, Datennahmesysteme (DAQ)						
4	Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die verschiedenen Detektorbauarten, die in der Teilchenphysik, der Medizinphysik und in anderen Bereichen zum Einsatz kommen. Sie lernen insbesondere den Zusammenhang zwischen den jeweiligen primären Wechselwirkungen der zu detektierenden Teilchen mit der gesamten durchquerten Materie und den von der jeweiligen Detektorbauart ausgenutzten Anteilen. Dies führt zu einem Verständnis der jeweiligen Vor- und Nachteile der Bautypen für verschiedene Anwendungszwecke. Weiterhin werden die Studierenden in die Lage versetzt, mit Originalliteratur besser arbeiten zu können.						
5	Prüfunge Studienle Modulprü	en eistungen: keine. Ifung: Benotete schriftliche oder münd	lliche Prüfung.				
6	Prüfung ⊠ Mod	sformen und –leistungen ulprüfung: schriftlich oder mündlic	h 🛛 Teille	istung			
7	Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik						
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik						
9	Modulbe Dekan/in	e auftragte/r I der Fakultät Physik	Zuständige F Physik	akultät			

Module: Seminar on detector systems in particle and medical physics (PHY826)

Degree program: Physics (M.Sc.)							
Duration	Semester	Credits	Work load				
1 Semester	Second semester	3	90 h				
	ysics (M.Sc.) Duration 1 Semester	ysics (M.Sc.)DurationSemester1 SemesterSecond semester	ysics (M.Sc.)DurationSemesterCredits1 SemesterSecond semester3				

1	Module	structure					
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours per week		
	1	Seminar	Sem	3	2		
2	Languag German.	je: English. If no international student	s are present, tl	ne language	can be switched to		
3	Content Different types of detectors used in particle and/or medical physics, e.g. semiconductor and scintillation detectors, X-ray detection systems. Detector systems and components composed of different types, e.g. selector systems and components composed						
4	Learning outcome The seminar will deepen the knowledge of the different types of detectors which are used in particle physics and in medical physics. The important lectures systems and trigger systems allow to understand the interplay of the different detector different detector designs to be understood. The prescribed own lecture leads to a very intensive study of a special topic and also trains compotences in the field of scientific research and presentation techniques						
5	Examina Graded r	i tion nodule examination					
6	Coursew Coursew Module e	vork and examination requirements ork: Active participation in the discuss examination: oral presentation on one	ion. of the topics of	the seminar			
7	Prerequisites Basic knowledge of particle physics and detector physics						
8	Module type Elective module						
9	Response Dean of t	sible the Department of Physics	Organization Department of	Physics			

Modul: Seminar: Falsche Entdeckungen in der Teilchenphysik (PHY827)

Studiengang: Physik (B.Sc. und M.Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
fakultativ	1 Semester	4. Studienjahr (M.Sc)	3	90 h			

1	Modulstr	uktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung		Тур	Credits	SWS			
	1	Selbststudium und eigener Vortrag		S	3	2			
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch oder Er	nglisch						
3	Lehrinhalte Im Seminar werden Entdeckungen der Teilchenphysik behandelt, welche sich im Nachhinein als fehlerhaft herausgestellt haben. Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt.								
4	Kompete Die Studie Ihrem eige wissensch Recherch wissensch Zusätzlich die Regel zu reflekti	nzen erenden vertiefen Ihr Wissen auf dem enen Vortrag. Dieser Vortrag schult au naftlicher e- und Präsentationstechniken. In der naftliche Diskussionstechniken erworb n zu diesen klassischen Kompetenzen n guter wissenschaftlicher Praxis bew eren.	Gebiet uch Kor anschl en. hilft da usst zu	des Sen mpetenze ließender as Semin werden	ninars durch en im Bereid n Diskussion ar den Stud und über m	n Selbststudium zu ch n werden ierenden, sich über ögliche Probleme			
5	Prüfunge Studienleis Modulprüf	n stungen: Aktive Teilnahme an den Dis ung: Benoteter eigener Vortrag.	kussio	nen im A	nschluss ar	n die Vorträge.			
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: eigener Vortrag	🗆 Teil	leistung					
7	Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Elementarteilchenphysik sowie Astroteilchenphysik								
8	Modultyp Wahlmod	und Verwendbarkeit des Moduls ul im Masterstudiengang Physik							
9	Modulbea Dekan	auftragte/r	Zustä Physil	ndige Fa	akultät				

M	Modul: Strukturanalyse mit Röntgenstrahlung (PHY829)									
St	udiengang	l: Physi	ik (BSc/M.Sc.),	Medizinphys	ik (BSc/	M.Sc.)				
Tu jäł	n rnus: Arlich im Sc	Se	Dauer: 2 Wochen Blockkurs	Studienabs 1./2. Sem. (I	chnitt: M.Sc.)		Credits 5	Aufwand 150 h		
1	Modulstr			4 . 14		-		014/0		
	Nr.	Eleme	ient / Lenrveranstaltung		тур	Credits	5005			
	1	Plackk				V	2	2		
	2		urs Ion und Solbetet	udium		V Ü	2	1		
2	∠ Lohrvora	netaltu	ngesprache: De			0	2			
4	Struktur i Netzebene Röntgens reziprokes nicht-ideal Spezielle Absorptior Moderne Die Stud Grundlage entsprech	dealer I en, Beis truktur Gitter, e Krista Röntge Röntge nzen ierende en der S enden	Kristalle: Besch spiele für einfach vanalyse: Beugu Verfahren der R allstrukturen, am entechniken: Rö roskopie, Fluore enquellen: Rönt m erlernen die Strukturaufklärun experimentelle	reibung perio e Kristallstruk ong von Weller öntgenstruktu orphe Struktur öntgenreflekto szenzspektros genröhre, Syn grundlegend g mit Röntger n Verfahren.	discher S turen. n am Kri iranalyse ren, Stre metrie, I skopie, F iskopie, F iskopie, G skopie, G strahlur Sie g	Struktu stall, L e, Strul euung a Röntge Röntge nstrahlu chreibu g und ewinne	aue-Interfere kturfaktor, Pr an der Oberfl n-Raman-Str ungsquellen, ung von Kr verschieden en einen Ü	entale Gitterarten, enzfunktion, nasenproblem, äche. streuung, reuung Röntgenlaser istallstrukturen, die e Anwendungen der Überblick über die		
	unterschie kristalliner	edlicher Syster	n Röntgen-Metho me heranziehen	oden, die ma kann.	n zur St	ruktura	aufklärung ki	ristalliner und nicht-		
5	Prüfunge Benotete gegeben.	n: schriftlio	che oder mündlig	che Modulprüf	ung; wir	d zu B	eginn der Ve	ranstaltung bekannt		
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen Ilprüfur	n und –leistung ng:	en	🗆 Teill	eistun	g			
7	Teilnahm Grundken	evorau ntnisse	ssetzungen: Physik I-IV, Fes	tköperphysik .	/ Struktu	r der N	laterie			
8	Modultyp Wahlfach	und V	erwendbarkeit	des Moduls						
9	Modulbea Dr. C. Ste	a uftrag t rneman	te/r ın, Dr. M. Paulus	3	Zustär Physik	ndige I	Fakultät			

Modul: Externe Schulungen in der Teilchenphysik (PHY8210)

Studiengang: Physik (M.Sc.)								
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand				
unregelmäßig	(mind.) 1 Woche Blockkurs	1./2. Sem (M.Sc)	1	30 h				

1	Modulst	ruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS				
	1	Pleakkura		1	2.25				
2	Lohnvor	Diockkuis			2 - 2,5				
2	Leniver		Inglisen						
3	Der Inhalt richtet sich nach dem Thema der externen Schule und stammt aus dem Bereich der Teilchenphysik oder den dort verwendeten Methoden, z.B. Datenanalyse und Statistik, Monte Carlo-Generatoren oder Programmierung. Die Schule muss eine Übung enthalten und einem Kursumfang von mindestens 2 SWS (30h) entsprechen.								
4	Kompetenzen Die Studierenden sollen das vermittelte Fachwissen vertiefen und dabei von den Erfahrungen der externen Experten profitieren. Dabei sollen sie sich auch mit Kommilitonen anderer Universitäten und den Lehrenden vernetzen.								
5	 Früfungen Unbenotetes Modul (auch wenn eine schulinterne Prüfung benotet angeboten wird) Studienleistung: keine. Modulprüfung: entweder schulinterne Prüfung oder, falls diese nicht angeboten wird, eine schriftliche Zusammenfassung der Schule. 								
6	Prüfung ⊠ Mod od∉	sformen und –leistungen lulprüfung: schulinterne Prüfung er schriftliche Zusammenfassung		Teilleistun	g				
7	Teilnahr Kenntnis	nevoraussetzungen: se aus der Einführung in die Kern- un	d Elementarteil	chenphysik					
8	Modulty Wahlmo	p und Verwendbarkeit des Moduls dul im Studiengang Master Physik.		-					
9	Modulbe Dekan/in	e auftragte/r i der Fakultät Physik	Zuständige F Physik	akultät					

Mc	Modul: Applications of Synchrotron Radiation (PHY8211)								
Stu	udiengang	: Physik	(M.Sc), Medizi	inphysik (MS	Sc.)				
Tu	rnus:		Dauer:	Studienabs	schnitt:		Credits	Aufwand	
So	mmer Sem	nester	1 Semester	4./5. Studie	njahr		3/5	190 (150) h	
1	Modulstr	uktur							
	Nr.	Elemen	t / Lehrveranst	altung		Тур	Credits	SWS	
	1	Lecture				V	3	2	
	2	Optional	l: seminar			S	2	2	
2	Lehrverar	nstaltung	gssprache: Eng	glish				•	
3	Lehrinhal	te		-					
	The cours	e will cov	er the following	topics:					
	Generatio	on of syn	chrotron radia	tion: operatir	ng princ	iple of a	storage ring	, relativistic	
	descriptior	n of a cha	rge moving in a	a magnetic fie	eld, inse	rtion dev	ices, X-ray o	optics and scheme	
	of a beaml	ine.	• • • • •		•				
	X-ray inte	raction v	vith matter: sca	attering and a	absorpti	on in the	classical ap	proach (Maxwell	
		and dum	ped Lorentz osc	cillators) and	semi-ci	assical a	pproacn.	nhotoomission	
	spectrosco	ony and m	hicroscopy and	lation. prioto	hotoer		actroscopy		
	photoelect	ron diffra	ction spin pola	rized photoer	nission	spectros	copy) and th	neir applications	
	e.a. chemi	cal/struct	ural analysis ar	nd study of th	e electr	onic pror	perties of the	e matter	
	with/withou	ut spatial	resolution. Abs	orption techn	iques ()	X-ray abs	orption spec	ctroscopy, X-ray	
	magnetic o	circular di	chroism) and th	eir applicatio	ns, e.g.	study of	the magnet	ic and chemical	
	properties	of the ma	atter. Diffraction	techniques,	from cr	ystal and	powder.		
4	Kompeter	nzen							
	The aim o	f the cour	rse is to provide	a basic knov	wledge	on the m	ain paramet	ers involved in a	
	synchrotro	on-based	experiment, as	well as to ha	ive an c	verview	on the most	important	
	technique	s that car	n be performed,	with a specia	al focus	on the p	hotoemissio	n-related	
	experimer	nts.							
5	Prüfungen								
	Oral exami	nation: pi	resentation of a	in assigned a	irticle re	elated to (one of the te	echniques presented	
	auring the	iecture (2	to min) + questi	ons on the to	pics int	roduced	auring the co	ourse (20 min).	
6	Prüfunas	formen ı	und –leistunge	n					
	⊠ Modu	Iprüfung	g: Mündlich		Ľ] Teilleis	stung		
							-		
7	Teilnahm	evorauss	setzungen						
	Physik II, I	IV and so	lid state physic	S					
8	Modultyp	und Ver	wendbarkeit d	es Moduls					
	Wahlpflich	tfach							
9	Modulbea	uftragte	/r		Zustä	ndigeFal	kultät		
	Dr. Giovar	nni Zambo	orlini		Physik				
					,				

Modul: Licht-Materie-Wechselwirkung (PHY8212)

Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc)								
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand				
jährlich (WiSe)	1 Semester	56. Sem. (B.Sc). und	6	180 h				
		13. Sem. (M.Sc.)						

1	Modulstr	uktur						
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Ту	р	Credits	SWS		
	1	Vorlesung	V		4	3		
	2	Übung	Ü		2	1		
2	Lehrvera	nstaltungssprache: Deutsch						
3	 Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung in Festkörpern und Molekülen mit Bezügen zu aktueller Forschung und modernen Anwendungen. Nach der Einführung linearer optischer Eigenschaften von Metallen, Halbleitern und Dielektrika werden Konzepte der nichtlinearen Optik in perturbativer und nicht-perturbativer Näherung erläutert. In der Übung werden diese Aspekte durch praxisrelevante Übungsaufgaben mit Bezug zu modernen Experimenten vertieft. Lineare Optik: Lineare optische Eigenschaften von Atomen, Molekülen und Festkörpern; atomare Linienspektren; Bandenspektren von Molekülen; optische Eigenschaften von Festkörpern inklusive Halbleiterstrukturen; Phononen, Plasmonen, Polaronen, Exzitonen, optische Blochgleichungen; Dichtematrixformalismus; starke und ultrastarke Licht-Materie-Kopplung Nichtlineare Optik: Nichtlineare Suszeptibilität; nichtlineare Wellengleichung; Phasenanpassung; Nichtlinearitäten 3. und höherer Ordnung; Nichtlineare Optik des Zweiniveausystems Grundzüge der Quantenoptik: Quantisierung des elektromagnetischen Feldes; Quantenmechanische Zustände des Lichtfeldes; Kohärenz 							
4	Kompeter Die Vorles Materie in es, ein Quasiteilc	nzen sung eröffnet einen umfassenden Blick einem breiten Spektralbereich von M Verständnis insbesondere für kolle hen, nichtlineare optische Prozesse u	auf die op ikrowellen ektive Ele nd Grundz	otische strahle ektrone züge d	en Eigensch ung bis ins l endynamik, er Quantend	aften kondensierter Jltraviolette. Ziel ist Anregungen von optik zu entwickeln.		
5	Modulprüf	n: ung: Benotete schriftliche oder mündl	iche Prüfu	ng je i	nach Teilnel	nmerzahl		
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: Klausur oder mündlich	I	🗆 Teil	lleistung			
7	Teilnahm Kenntniss	evoraussetzungen e in Quanten- und Festkörperphysik						
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls Il vorrangig im Masterstudiengang Ph	ysik, aber a	auch i	m Bachelors	studiengang Physik		
9	Modulbea Prof. Dr. C	uuftragte/r 2. Lange	Zuständi Physik	ge Fa	kultät			

Modul: Seminar: Licht-Materie-Wechselwirkung (PHY8213)

Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
jährlich (WiSe)	1 Semester	56. Sem. (B.Sc). und	3	60 h			
		13. Sem. (M.Sc.)					

1	Modulstr	uktur	Modulstruktur Nr. Element / Lehrveranstaltung Typ Credits SWS 1 Seminar zur Vorlesung S 3 2 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch S 3 2									
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS							
	1	Seminar zur Vorlesung	S	3	2							
2	Lehrverar	nstaltungssprache: Deutsch										
3	Lehrinhal	te										
	Das Seminar basiert inhaltlich auf der parallel stattfindenden Vorlesung, deren Besuch ausdrücklich empfohlen wird. Wie auch die Vorlesung ist das Seminar auf die Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung in Festkörpern und Molekülen ausgerichtet und vermittelt Bezüge zu aktueller Forschung und modernen Anwendungen. Die Inhalte umfassen lineare optische Eigenschaften von Metallen, Halbleitern und Dielektrika sowie Konzepte der nichtlinearen Optik in perturbativer und nicht-perturbativer Näherung.											
	Die Studierenden erarbeiten und halten einen eigenständigen Seminarvortrag zu einem Thema ihrer Wahl mit Bezug zu den Themen aus der Vorlesung. Je nach Thema stehen Grundlagen oder Anwendungen im Vordergrund.											
	Mögliche Seminarthemen umfassen: Kramers-Kronig-Relationen, Doppelbrechung, Gaußoptik, Plasmonik, Lichtleitung in Glasfasern, Nichtlineare Faseroptik, Polymeroptik, Laser, Generation von Femtosekunden-Impulsen, Charakterisierung ultrakurzer Impulse, Vierwellen-Mischen, Erzeugung hoher Harmonischer, Frequenzkämme, Metamaterialien und Subwellenlängen-Resonatoren, verschränkte Photonen, Nahfeld-Mikroskopie, Einzelphotonenquellen, EPR-Paradoxon, FTIR-Spektroskopie, CCD-Spektrometer, Raman- Spektroskopie, organische LEDs, Quantenkaskadenlaser, Solarzellen, Dispersion und											
4	Kompeter Das Semi zu vertiefe	nzen nar eröffnet den Teilnehmern die Mögl en und aufbereitet in der Gruppe der H	lichkeit, einen ⁻ örerschaft vorz	Themenbere zustellen.	ich moderner Optik							
5	Prüfunge Modulprüf	n: ung: Benoteter Seminarvortrag										
6	Prüfungs ⊠ Modu	formen und –leistungen Ilprüfung: mündlich, eigener Vortrag	g 🗆 Tei	illeistung								
7	Teilnahm Kenntniss Wechselw	evoraussetzungen e in Quanten- und Festkörperphy ^r irkung"	ysik; empfohle	en: Vorlesu	ng "Licht-Materie-							
8	Modultyp Wahlmodu	und Verwendbarkeit des Moduls al vorrangig im Masterstudiengang Phy	/sik, aber auch	im Bachelors	studiengang Physik							
9	Modulbea Prof. Dr. C	auftragte/r C. Lange	Zuständige F a Physik	akultät								

Mc	odul: Vielteilchen-F	estkörpertheorie (I	PHY831)							
М.	ScStudiengang: I	Physik								
Tu	rnus:	Dauer:	Studiena	bschnitt: 2.	Credits	Aufwand				
zw	eijährig	1 Semester	Sem.		8	240h				
1	Modulstruktur									
	3 SWS Vorlesunge	en, 1 SWS Ubung								
	oder 4 SWS Vorles	sungen.								
2	Lehrveranstaltun	gssprache: Deute	sch oder Er	nglisch						
3	Lehrinhalte	Lehrinhalte								
	Aligemein: vertiefung des Quasitelichenkonzepts und seine Grenzen									
	Diagrammatische	Storungstneorie:	Greenfunk	tionen, He	rieitung de	r Feynman-Diagramme,				
	Seibstenergie, L	Jysongleichung,		ekluren,	Random	Phase Approximation,				
	niki uskupische re	ng funktionale	one, uynan Zenormieru	inscrie Mole		one, <u>Renomierung</u> . 2.B.				
	Luttingerflüssigkeit	Bosonisierung	eindime	nsionale (Sveteme	Störstellen: Transport:				
	Kubozugang Boltz	<u>.</u> Dosonisierang, mannaleichuna I	andauer-Ri	ittiker Form	oysterne, ما					
	Anwendungen: z F	Supraleitung Ma	anetismus	Transport	ol, Dekohären	7				
	nimenuungen. 2. D. Supraleitung, Magnetismus, Transport, Dekonarenz									
	Literatur: z.B. G. Rickayzen, Green's Functions and Condensed Matter, Academic Press (1988):									
	A.A. Abrikosov, L	.P. Gorkov und I.	E. Dzyalo	shinski, Me	thods of C	uantum Field Theory in				
	Statistical Physics,	Dover (1975); A.L	. Fetter und	J.D. Waleck	ka, Quantun	n Theory of Many-Particle				
	Systems, McGraw	/-Hill (1971); Th.	Giamarchi,	Quantum	Physics in	One Dimension, Oxford				
	Science Publicatio	ns, (2004); A.O. G	iogolin, A.A	. Nersesyan	and A.M.	svelik, Bosonization and،				
	Strongly Correlated	d Systems, Cambr	idge Univer	rsity Press (1998)					
4	Kompetenzen	Kompetenzen								
	Die Studierenden	werden an das l	Niveau akt	ueller Forso	hung hera	ngeführt. Die relevanten				
	Konzepte des Fors	chungsgebiets we	erden darge	elegt, method	disch unterr	nauert und an Beispielen				
	illustriert. Dazu lernen die Studierenden die fortgeschrittenen Methoden der Theorie der									
	die Kompetenz er	verben in der The	ne vor- unu orie der kor	densierten l	Materie ein	Asterarbeit erfolgreich				
	anzufertigen									
	In den Übungen um	nd/oder in den Vor	lecunden s	ollen die Stu	udierenden -	an die Art und Weise des				
	wissenschaftlichen	Diskurses eingefi	ührt werden			an die Ait dia Weise des				
	Wiederleenantionen									
5	Prüfungen									
	Studienleistungen:	Hausaufgaben, fa	alls Übunge	n angeboter	า.					
	Modulprüfung: Ber	notete mündliche M	/lodulprüfur	ng (30min) o	der schriftlig	che Modulklausur				
			-	,						
6	Prüfungsformen	und -leistungen								
	🗵 Modulprüfur	□ Teilleist	ung							
7	Teilnahmevoraus	setzungen								
	Kenntnisse aus dem Modul Einführung in die Theoretischen Festkörperphysik									
8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls										
	Wahlmodul im Mas	sterstudiengang Pl	hysik							
9	Modulbeauftragte	:/ r		Zuständige	e Fakultät					
	Dekan/in Physik			Physik						

Мо	dul: Kosmol	ogie (P	HY832)							
C+	diongong		und R Sc) Phy	cik						
Tur ein-	nus: bis zweijäh	rig	Dauer: 1 Semester	Studienation 13. Sem	schnitt: (M.Sc)	Credits 3	•	Aufwand 90 h		
1	Moduletr	uktur								
1	Nr.	Elem	ent / Lehrveran	staltung			Түр	Credits	SWS	
	1	Kosm	ologie	•			V.	3	2	
2	l ehrveran	staltur	assprache: D	eutsch oder Fr	nalisch		-		_	
3	Lehrinhalt	e			Ignoon					
	frühen Universum, Inflation, CMB und Präzisionskosmologie Literatur: L. Bergström, A Goobar: Cosmology and Particle Astrophysics; D. Bailin, A. Love: Cosmology in gauge field theory and string theory; E.W. Kolb, M. Turner: The Early Universe; S. Weinberg: Cosmology									
4	Kompetenzen Die Studierenden werden in die Physik der Enstehung und des frühen Universums eingeführt. Sie lernen dabei ein physikalisches Gebiet kennen, das sich sowohl hinsichtlich der Beobachtungen wie auch der Theoriebildung noch in der Entwicklung befindet; sie erkennen, wie sich Hypothesen in der Interaktion mit experimentellen Beobachtungen entwickeln und modifizieren. Sie ersehen, wie die Physik auf kosmischen Skalen und die Physik auf subnuklearen Skalen sich gegenseitig bedingen und in der Theoriebildung beeinflussen.									
5	Prüfunge	n								
	Modulprüft	ung: Be	notete mündlich	e Modulprüfur	ng (30min)	oder Kla	usur (1	20 min)		
6	Prüfungs ⊠ Modu	formeı ılprüfu	n und –leistung ng: mündlich o	jen oder Klausur		🗆 Teil	leistun	g		
7	Teilnahme Empfohlen Elementar	evoraus : Kenn teilchen	s setzungen tnisse aus The physik, Allgeme	ermodynamik eine Relativität	und Stati stheorie	stik, Einf	führung	in die The	eoretische	
8	Modultyp Wahlmodu	und Ve I im Ma	rwendbarkeit of sterstudiengang	des Moduls g Physik.						
9	Modulbea Dekan/in F	uftragt hysik	er		Zuständi Physik	ge Fakul	tät			

Modul: Flavorphysik (PHY833) M.Sc.-Studiengang: Physik Dauer: Studienabschnitt: Credits Aufwand Turnus: 1-2-jährlich 1 Semester ab 2. Sem. 180 h 6 Modulstruktur Credits SWS Element / Lehrveranstaltung Тур Nr. V+Ü 3+2 1 Vorlesung mit Übung 6 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, englisch auf Wunsch 2 3 Lehrinhalte Die Vorlesung wendet sich an interessierte Studenten/innen in höheren Semestern mit Vorkenntnissen in der theoretischen Teilchenphysik wie dem Standardmodell und der Berechnung einfacher elementarer Prozesse. Ziel der Veranstaltung ist es, theoretisches Basiswissen fuer eine Masterarbeit oder mehr auf dem Gebiet der Flavorphysik zu vermitteln. Die Vorlesung setzt auch Schwerpunkte in der Phänomenologie und Signaturen am LHC(b) sowie Superflavorfabriken und wendet sich daher auch an ambitionierte Experimentalphysiker. Folgende Themen sollen u.a. behandelt werden: Flavor- und CP im Standardmodell, seltene Prozesse, Flavorsymmetrien, Minimale Flavorverletzung, Neutrinos, Flavor jenseits des Standardmodells, insbesondere Supersymmetrie, Leptonflavor, elektrische Dipolmomente. Literatur: aktuelle Referenzen aus der Vorlesung: Brock, Schoerner-Sadenius: Physics at the Terascale 4 Kompetenzen Die Studierenden werden an Methoden herangeführt wie sie in der aktuellen Forschung benutzt werden. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert. 5 Prüfungen Studienleistungen: Hausaufgaben. Modulprüfung: Benotete schriftliche (120 min) oder mündliche Prüfung je nach Teilnehmerzahl Prüfungsformen und -leistungen 6 ⊠ Modulprüfung: Klausur oder mündlich □ Teilleistung Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus der Einführung in die Elementarteilchenphysik 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik; empfohlen, wenn im Schwerpunktsbereich Flavorphysik (hadronisch, leptonisch/Neutrinos) im Bereich Theorie oder Experiment eine Masterarbeit angestrebt wird. Das Modul kann u.a. mit einem der regelmäßig angebotenen Blockkurse 10 h (20h) zu ausgewählten Themen der Teilchenphysik (z.B.Neutrinoproperties, Gruppentheorie) kombiniert werden zu insgesamt 7 (8) CP. Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät 9 Dekan/in Physik Physik

Modul: Introduction to Renormalization of Quantum Field Theories (**PHY834**)

Studiengang: Physik (M.Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
nach Bedarf	Blockkurs	1./2. Sem	2	60 h			

Modulstruktur 1 Credits SWS Nr. Element / Lehrveranstaltung Typ V 2 14 h Block Vorlesuna 1 2 Lehrveranstaltungssprache: English 3 Lehrinhalte **Renormalizable and Unrenormalizable QFTs:** Power Counting and examples for renormalizable and unrenormalizable theories; dimensional regularization; Ward-identities and other basic concepts of renormalization. Dyson-Ward Renormalization of QED: The Dyson-Ward formalism of renormalization, applied to Quantum Electrodynamics. The BPHZ Formalism: BPHZ-renormalization applied to scalar field theories. The Renormalization Group Equations: Callan-Symanzik equations and their consequences: anomalous dimensions. Collinear Factorization an Evolution Equations: collinear factorization of structure functions at twist 2, evolution equations for the parton distribution functions and Wilson coefficients and their analytic solution in the singlet- and non-singlet cases; scheme-invariant evolution of observables. Hopf Algebras and Renormalization: Hopf algebra structure as a tool to organize renormalization; mathematical foundations + examples. Renormalization of massive QCD with local Operators: mass, coupling, composite operator renormalization and collinear-factorization to higher loop order, different schemes. 4 Kompetenzen Die Studierenden erhalten erste Einblicke in grundlegende Aspekte der Renormierung der relativistischen Quantenfeldtheorien der verschiedenen Teile des Standard Modells der Elementarteilchen von der Problemstellung bis hin zu den Bausteinen für konkrete Berechnungen. 5 Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) 6 Prüfungsformen und -leistungen **Modulprüfung:** mündlich □ Teilleistung Teilnahmevoraussetzungen 7 Kenntnisse der Quantenmechanik, regelmäßige Vorlesungsteilnahme in diesem Kurs. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls 8 Wahlfach Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät 9 Prof. J. Blümlein Physik

Modul: Introduction to Grand Unified Theories (PHY835)								
Studiengang: Physic	Studiengang: Physik (M.Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand				
nach Bedarf Blockkurs 1./2. Sem 2 60 h								

1 Modulstruktur Credits SWS Nr. Element / Lehrveranstaltung Тур V 2 14 h Block 1 Vorlesuna 2 Lehrveranstaltungssprache: English 3 Lehrinhalte The Structure of the Standard Model: principle mathematical structure of the SU(3) x SU(2) x U(1) theory and its fermionic and bosonic sector; spontaneous symmetry breaking; ABJanomaly: running couplings and masses in the SM. The SU(5) Grand Unified Theory: Structure of the gauge sector; specific choice of fermion representations; interaction terms; the different breaking formalisms and the Higgs-boson spectrum; mass pattern at large scales; running couplings and masses; coupling unification, mass ratios, proton decay, neutron-antineutron oscillation, baryon number asymmetry: SU(5) with new additional fermions. Main Aspects of the SO(10) Grand Unified Theory: Extended fermion representations; Yukawa terms; neutrino mass; breaking formalisms; phenomenological aspects: proton lifetime, running of couplings; even higher GUTs. Monopoles: Dirac monopole; monopole solution of GUTs. **Axions:** The strong CP problem; PQ solutions and their generalization in GUTs; particle phenomenology and present search limits. 4 Kompetenzen Die Studierenden erhalten erste Einblicke in die Konzepte der Grossen Vereinheitlichung (GUTs) der fundamentalen Wechselwirkungen und von Fermiondarstellungen in den wichtigsten GUTs. Nach einer kompakten mathematischen Darstellung des Standardmodells werden die Strukturen der GUTs in Hinsicht auf ihre Boson- und Fermionstruktur und Symmetriebrechungen diskutiert und es werden wichtige weitere Phänomene betrachtet und eine Reihe von zentralen experimentellen Vorhersagen abgeleitet. 5 Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) Prüfungsformen und –leistungen 6 ⊠ Modulprüfung: mündlich □ Teilleistung

7 Teilnahmevoraussetzungen Vorheriger Besuch des Moduls Gruppentheorie, regel-mäßige Vorlesungsteilnahme in diesem Kurs. 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach 9 Modulbeauftragte/r Prof. J. Blümlein 2 Zuständige Fakultät Physik

Modul: Introduction to Group Theory and Lie Algebras (PHY836)

Studiengang: Physik (M.Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
SS nach Bedarf	Blockkurs	1./2. Sem	2	60 h			

1 Modulstruktur Credits SWS Nr. Element / Lehrveranstaltung Тур V 2 14 h Block 1 Vorlesuna 2 Lehrveranstaltungssprache: English 3 Lehrinhalte **Discrete Groups:** Permutation group, simple point groups. General Treatment of Lie Algebras: Cartan basis, roots and root vectors, quantization; complete classification of all semi-simple Lie-groups, Dynkin representation. Young Tableaux: general formalism, special calculations for several groups. **Shuffle Algebras:** Algebraic relations in special function spaces of multi-iterated integrals and nested sums, occurring in Feynman diagram calculations; mathematical properties, computer-algebraic representations. **The Poincare Group:** Lorentz transformations; structure of the group; massive and massless representations. 4 Kompetenzen Die Studierenden erhalten erste Einblicke in einige Methoden der Gruppentheorie und Theorie von Algebren in der Physik, der Struktur wichtiger Gruppen, von systematischen Reihe von Darstellungs- und Berechnungsmethoden Klassifikationen. einer und Anwendungen, u.a. im Falle der relativistischen Physik und der Elementarteilchenphysik. 5 Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) bzw. Klausur in Abhängigkeit von der Teilnehmerzahl. 6 Prüfungsformen und –leistungen Modulprüfung: mündlich oder Klausur □ Teilleistung 7 Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in Mathematik, regelmäßige Vorlesungsteilnahme in diesem Kurs. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls 8 Wahlfach 9 Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät Prof J Blümlein Physik

Modul: Calculation Methods for Feynman Diagrams (PHY837)								
Studiengang: Physik (M.	Studiengang: Physik (M.Sc.)							
Turnus:	Furnus: Dauer: Studienabschnitt: Credits Aufwand							
nach Bedarf Blockkurs 1./2. Sem 2 70 h								

1	Modulstruktur							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS			
	1	Vorlesung	V	2	14h Block			
	2	Übung	Ü		4 h Block			
2	Lehrvera	nstaltungssprache: English						
3	 3 Lehrinhalte Feynman parameterization, D-dimensional integrals: Parameterization of Feynman integrals, momentum integrals in D-dimensional space time; associated calculation methods. The one-loop integrals: The representation of Feynman integrals through scalar N-point functions and their mathematical structure. Integration-by-parts reduction: Reduction of Feynman integrals to master-integrals using Gauss' theorem. Hypergeometric integration, Mellin-Barnes integrals: Solutions of Feynman integrals/ master intergrals using hypergeometric functions and their generalizations; analytic solutions through Mellin-Barnes representations. The Method of differential equations: Analytic solution of 1st order factorizing systems, including of associated difference equation systems. Special functions for Feynman integrals: Multiply nested sums and iterated integrals over general alphabets; polylogarithms, multiple polylogarithms, cyclotomic polylogarithms, root- valued iterated integrals; harmonic sums, generalized sums and their further generalization; analytic continuation to complex arguments; associated special numbers. Non-first order factorizing Systems: 2nd order differential equations and elliptic solutions; iterated non-iterative integrals; elliptic polylogarithms; meromorphic modular forms. Exercises: Computer-algebraic exercises of a series of formalisms, using FORM and Mathematica. 							
4	Kompete Die Studie Diagramm Verfahren	nzen erenden erhalten eine Einführung in r ne, die assoziierten mathematischen F n.	noderne Berec unktionenräum	hnungsmeth ne, sowie con	oden für Feynman- nputer-algebraische			
5	Früfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min)							
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: mündlich							
7	 7 Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse der Quantenmechanik, regelmaessige Vorlesungsteilnahme und Teilnahme an den Uebungen zu diesem Kurs. 							
8	Modultyp Wahlfach	und Verwendbarkeit des Moduls						
9	Modulbea Prof. J. Bl	auftragte/r ümlein	Zuständige F Physik	akultät				

Modul: Theorie Weicher und biologischer Materie II (PHY838) Studiengang: Physik (M.Sc), Master Medizinphysik Turnus: Dauer: Studienabschnitt: Credits Aufwand nach Bedarf 1 Semester 2. Sem. (M.Sc) 5 150 h 1 Modulstruktur Nr. Element / Lehrveranstaltung Тур Credits SWS 1 Vorlesung und Übung V+Ü 2 + 1 5 Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 2 3 Lehrinhalte Fortgeschrittene Themen weicher und biologischer Materie: insbesondere theoretische Modelle für Membranen, Zellskelett, Proteine, Motorproteine, Proteinfilamente. **Membranen:** Biegeenergie, Formen flüssiger Vesikeln, thermische Fluktuationen. Stochastische Dynamik: Brownsche Bewegung, Diffusionsprobleme, Random Walk, Markov-Prozesse, Langevin-Gleichung und Fokker-Planck-Gleichung. Physikalische und Chemische Kinetik: thermisch aktivierte Prozesse, chemisches Gleichgewicht, chemische Kinetik, Michaelis-Menten. Biologische Physik: Molekulare Motoren, Filamente, ATP-getriebene Prozesse Nichtlineare Dynamik: Nichtlineare mathematische Modelle biologische Prozesse, Reaktions-Diffusions-Prozesse, Musterbildung, Turing-Instabilitäten 4 Kompetenzen Die Studierenden können die modernen Methoden der theoretischen Physik (aus den Bereichen statistische Physik, stochastische Dynamik, nichtlineare Dynamik) interdisziplinär auf Systeme der Weichen Materie und biologischen Physik anwenden. In Übungen lernen die Studierenden Probleme aus dem interdisziplinären Themenbereich Weiche Materie eigenständig als theoretisch-physikalisches Problem zu erfassen, zu lösen und in der Gruppe zu diskutieren. Prüfungen 5 Studienleistung: Übungsaufgaben. Modulprüfung: Benotete Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. 6 Prüfungsformen und -leistungen ⊠ Modulprüfung: Klausur oder mündlich □ Teilleistung 7 Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Physik I-IV, Thermodynamik und Statistik (Theorie), Theorie weicher und biologischer Materie 1. Teil Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls 8 Wahlmodul im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik Modulbeauftragte/r Zuständige Fakultät 9 Prof. J. Kierfeld Physik

Module: From Standard Model to BSM Physics (PHY839)

De	gree progra	am:						
Fre Sur acc	ac Physik; in equency mmer seme cording to de	nternationa ster emand	Duration 1 semester	Semeste 2 nd seme	etnods r ster		Credits	Work load 90 hours
1	Module st	ructure	1					
	Nr.	Element /	course			Туре	Credits	Hours per
	1	Lecture				Lec	3	2
2	Language	: English						
3	Content Concepts o and directio	of modern p ons and phe	article physics n enomenological	nodels; The tool to BSN	e ingreo 1 mode	lients of tl I building.	ne Standard	model
	Standard M	lodel: Lagra	angian, Matter, S	Symmetries	6			
	BSM: Flavor, Leptoquarks, Vector-Like Fermions, Z'-Models, model-independent approaches, stability, Landau poles							
	Tools: Com and evolution	puting tools	s for practicione	rs: Flts, Cro	oss sec	tions, Wil	son coefficie	nts, beta-functions
4	Learning c Students u Indepth and pursue reso	outcome nderstand t alysis of BS earch in pai	he foundations M benchmarks rticle theory and	of the SM a and introdu phenomer	ind mo iction c iology.	dern conc f tools allo	epts to BSM ows them to	physics.
5	Examination Module exa	on amination						
6	Coursework and examination requirements Course work: active participation in the lecture (not graded) Module examination: graded presentation (30 min.) or graded written exam							
7	Prerequisi Knowledge	tes of theoretic	cal particle phys	ics				
8	Module type Elective mo	pe odule			_			
9	Responsit Prof. G. Hil	ole ler			Organ Depar	iisation tment of F	Physics	

Modul: Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Festkörperphysik (PHY842) M.Sc.-Studiengang: Physik Studienabschnitt: Credits Turnus: Dauer: Aufwand iährlich im SS 1 Semester 2. Semester 180h, davon 60h 6 Präsenz und Prüfungen 1 Modulstruktur 4 SWS, Praktikum; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrenen Wissenschaftlern betreut. Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 2 3 Lehrinhalte Im optionalen zweiten Teil des Fortgeschrittenenpraktikums erhalten die Studierenden die Möglichkeit zur thematischen Fokussierung. Das Modul mit dem Schwerpunkt Festkörperphysik besteht in der Regel aus 5 Versuchen in diesem Bereich. Hierzu werden weiterführende Versuche aus dem Bereich des klassischen Fortgeschrittenenpraktikums angeboten. Als Beispiele seien die Versuche zum Faraday-Effekt und der Röntgenreflektometrie genannt. Solche Versuche werden dann mit Lehrstuhlversuchen der Arbeitsgruppen der experimentellen Festkörperphysik kombiniert. Beispiele aus diesem Bereich sind Versuche zur nichtlinearen und/oder ultraschnellen Optik an Festkörpern. Anhand solcher Versuche werden die von den Kenntnisse Studierenden erworbenen und Fähigkeiten aus den Praktika des Bachelorstudiengangs vertieft und im Hinblick auf aktuelle Techniken erweitert. Die jeweiligen Versuchsanleitungen enthalten lediglich einen kurzen Abriss der theoretischen und experimentellen Grundlagen, so dass die erforderlichen Kenntnisse im Selbststudium erworben werden müssen und der Umgang mit (englischen) Fachzeitschriften gelernt wird. Begleitend zu dem Modul erhalten die Studierenden die Möglichkeit, einen (in der Regel englischsprachigen) Seminarvortrag in einem thematisch verwandten Seminar zu halten und durch die aktive Teilnahme am Seminar zusätzlich 3 LP zu erwerben. Literatur: Zusätzlich zu den Anleitungen ist das Selbststudium der Literatur nötig, z.B.: Bergmann, Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik 1-6 Gross, Marx, Festkörperphysik Bereitgestellte Fachzeitschriftenartikel Kompetenzen 4 Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Experimente eigenständig zu verstehen, durchzuführen, zu analysieren und den Sachverhalt darzustellen. Sie haben gelernt, sich selbständig in ein Thema (mit englischsprachlicher Literatur) einzuarbeiten, sowie aus verschiedenen Messtechniken bzw. Analysemethoden eine geeignete Methode auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden haben gelernt, Fehler zu suchen und ggf. zu beheben. Die Studierenden sind in der Lage, einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren. 5 Prüfungen Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). Prüfungsformen und –leistungen 6 ⊠ Modulprüfung: mündlich □ Teilleistung Teilnahmevoraussetzungen 7 -keine-Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls 8 Wahlmodul im Masterstudiengang Physik 9 Modulbeauftragter Zuständiger Fachbereich Dekan/in Physik Physik Lehrende Alle Lehrenden der Experimentalphysik

Module: Advanced Laboratory course II: Particle physics (PHY843)

Degree program: Physics (M.Sc.)							
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load			
Summer semester	1 Semester	Second semester	6	180 h			

1	Module	structure					
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours per week		
	1	Laboratory course in small groups	Lab	6	4		
2	Languag German.	ge: English. If no international students	s are present,	the language	e can be switched to		
3	Content Students explore experimental techniques in particle physics in depth through approximately five specific experiments and approach advanced topics in the field. The techniques to be learned come from the areas of data analysis, simulation, and detector physics, among others. The concepts and background to these techniques and topics will be developed by the students themselves.						
4	Learning Students their know	y outcome will selectively explore experimental wledge through hands-on experiments	techniques a in the field.	nd advanced	topics and deepen		
5	Examina Graded r	ition nodule examination.					
6	Coursework and examination requirements Coursework: Preparation and conduction of laboratory experiments including reports Module examination: oral examination (30 min)						
7	Prerequisites Basic knowledge of particle physics						
8	Module type Elective module						
9	Response Dean of t	sible the Department of Physics	Organizatio Department	n of Physics			

Mo	Modul: Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Theoretikum (PHY844)								
St	Studiengang: Physik (M.Sc.)								
Turnus:Dauer:Studienabschnitt:CreditsAufwand									
jar	hrlich	1 Semester	2. Sem (M.S	SC)	6	180 h			
4									
1	4 SWS Praktiku	m, Projektarbeit	in der Regel i	n Kleingrupp	en				
2	Lehrveranstalt	ungssprache: [Deutsch oder E	Englisch					
3	LehrinhalteDie Studierenden vertiefen im Rahmen eines größeren Projekts theoretische Techniken in der Festkörper- oder Teilchenphysik anhand von selbständigem Literaturstudium und darauf aufbauenden eigenen analytischen Rechnungen oder selbständig programmierten Simulationen zu fortgeschrittenen Themen in diesen Bereichen. Die Studierenden erlernen so fortgeschrittene analytische Methoden bzw. bekommen vertiefte praktische Erfahrungen im wissenschaftlichen Programmieren, insbesondere in der Strukturierung größerer Programmierprojekte.Begleitend zu dem Modul erhalten die Studierenden die Möglichkeit, einen (in der Regel englischsprachigen) Seminarvortrag in einem thematisch verwandten Seminar zu halten und durch die aktive Teilnahme am Seminar zusätzlich 3 CP zu erwerben.								
4	KompetenzenDie Studierenden sind in der Lage, komplexe analytische Methoden bzw. Simulationstechniken eigenständig zu verstehen, anzuwenden und darzustellen. Sie haben gelernt, sich selbständig in ein Thema (an Hand englischsprachlicher Literatur) einzuarbeiten und neueste theoretische Methoden aktiv nachzuvollziehen.								
5	 Prüfungen Studienleistung: Schriftliche Ausarbeitung. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). 								
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: mündlich □ Teilleistung								
7	Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus der Festkörpertheorie bzw. Elementarteilchentheorie								
8	Modultyp und Wahlmodul im S	Verwendbarkeit	t des Moduls Ster Physik						
9	Modulbeauftrage Prof. J. Kierfeld	gte/r		Zuständig Physik	e Fakultät				

Module: Advanced Laboratory course II: Electronics (PHY845)

Degree program: Physics (M.Sc.)							
Frequency	Duration	Semester	Credits	Work load			
Summer semester	1 Semester	Second semester	6	180 h			

1	Module	structure					
	No.	Element / course	Туре	Credits	Contact hours per week		
	1	Laboratory course in small groups	Lab	6	4		
2	Languag German.	je: English. If no international student	s are present,	the language	e can be switched to		
3	Content						
	The stud	ents deepen basic concepts of electro	nics and apply	them in prac	ctical exercises. The		
	practical	covers the areas of analog and digital	electronics.				
4	The course introduces the fundamental elements of electronics, together with laboratory experiences. The student will acquire knowledge of the typical building blocks, components and methods of electronics. Using standard examples, he/she will be able to identify and characterize components in circuits. The student will gain expertise in working with real circuits and standard measurement setups. The laboratory experience will allow the student to develop social skills working in teams						
5	Examina Graded r	i tion nodule examination.					
6	Coursework and examination requirements Coursework: Preparation and conduction of laboratory experiments including reports Module examination: Oral examination						
7	Prerequisites None						
8	Module type Elective module						
9	Response Dean of t	sible the Department of Physics	Organization Department of	l of Physics			

Modul: Seminar zum Theoretikum im Bereich Kondensierter Materie (PHY846)

Studiengang: Physik (M.Sc.)							
Turnus:	Dauer:	Studienabschnitt:	Credits	Aufwand			
jährlich	1 Semester	2. Sem (M.Sc)	3	90 h			

1 Modulstruktur

-							
	Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Тур	Credits	SWS		
	1	Selbststudium und eigener Vortrag	s	3	2		
2	Lehrveranstaltungssprache: Englisch						
3	Lennveranstaltungssprache. Englisch Lehrinhalte Die Studierenden vertiefen im Theoretikum (Modul 844) im Rahmen eines größeren Projekts theoretische Techniken in der Festkörperphysik anhand von selbständigem Literaturstudium und darauf aufbauenden eigenen analytischen Rechnungen oder selbständig programmierten Simulationen. Begleitend zu dem Modul 844 erhalten die Studierenden in diesem Modul die Möglichkeit, einen englischsprachigen Seminarvortrag zu ihrem Projekt zu halten. Dabei sollen die eigenen Arbeitsergebnisse aus dem Theoretikum (Modul 844) sowie deren physikalisches Umfeld in einem englischsprachigen Vortrag dargestellt werden.						
4	Kompetenzen Durch die Vorbereitung und das Halten des eigenen Vortrags erwerben sie Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Methodik, speziell in Recherche- und Präsentationstechniken. Ein besonderes Ziel ist es, den Blick für das Wesentliche eines physikalischen Problems zu schulen. Der Vortrag wird in englischer Sprache gehalten, um sich in die englischsprachige Literatur einzuarbeiten sowie Englisch als in der Physik übliche Wissenschafts- und Konferenzsprache aktiv einzuüben.						
5	Früfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30 min) zu dem Projektthema des Theoretikums (Modul 844).						
6	Prüfungsformen und –leistungen⊠ Modulprüfung: mündlich□ Teilleistung						
7	Teilnahmevoraussetzungen: Teilnahme am Theoretikum (Modul 844) im Bereich kondensierter Materie.						
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik						
9	Prof. J. K	auftragte/r	Zuständig e l Physik	Fakultät			

Modul: Seminar: Präsentationstechniken (PHY847)								
St	udiengang: P	hysik (M.Sc., B.So	c.), Medizinphy	vsik (M.S	Sc., B.Sc.)			
Turnus: SS oder WS		Dauer: 1 Semester	Studienabsch 3. Studienjahr 1./2. Sem (M.S	nitt: (B.Sc), Sc)	Credits 3	Aufwand 90 h		
1	Modulstruktur:							
	2 SWS Seminar, Selbststudium und eigener Vortrag.							
2	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch							
3	Lehrinhalte Moderne Präsentationstechniken, Diskussion zur Präsentation, Feedback durch Lehrende und Seminarteilnehmer mit wechselnden physikalischen Inhalten.							
4	 Kompetenzen Die Studierenden werden mit den Grundlagen von Präsentationstechniken vertraut gemacht, beispielweise zu Vorträgen oder mit der Erstellung und Vorstellung von Postern. Hierzu werden sowohl Vorträge zur Didaktik der Präsentation gehalten, weiterhin erstellen die Studierenden einen Vortrag/Poster selber, der dann mit den Betreuern iterativ optimiert wird. Die Studierenden erwerben durch Selbststudium zu ihrem Vortrag/Poster ein vertieftes Wissen zu einem physikalischen Thema und zur Recherche. Sie haben gezeigt, dass sie in der Lage sind, sich in ein komplexes Gebiet selbständig einzuarbeiten und die wesentlichen Inhalte verständlich zu präsentieren. Dabei verfügen Sie über vertiefte Kenntnisse moderner Präsentationstechnicken und können diese einsetzen. 							
5	Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Seminarthema							
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: eigener Vortrag □ Teilleistung							
7	Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik I – IV							
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach							
9	Modulbeauftragte/rZuständige FakultätProf. J. AlbrechtPhysik							

Module Semester 9 und 10 (Master)

Mc	Modul: Forschungspraktikum (PHY911)							
М.	M.ScStudiengang Physik							
Turnus:		Dauer:	Studienabschnitt	Credits	Aufwand			
jedes Semester		1 Semester	3. Sem	15	450 h			
1	Modulstruktur Praktikum: Forschungspraktikum							
2	Lehrveranstaltung	gssprache: De	utsch oder Englisch					
5	Literaturrecherche Einarbeitung in theoretische Verfahren bzw. experimentelle Verfahren Diskussion von Problemstellungen aktueller Forschung Erstellung eines kurzen (ca. 5 S.) Berichts Literatur: Aktuelle Literatur zum jeweiligen Forschungsbereich Außerdem z.B. Ascheron, Kickuth: Make Your Mark in Science, Alley: The Craft of Scientific Presentation, Alley: The Craft of Scientific Writing							
4	Kompetenzen Die Studierenden können sich selbständig in einen aktuellen Forschungsbereich mit den zugehörigen experimentellen oder theoretischen Methoden einarbeiten. Die Studierenden können ihre Arbeiten in einem Bericht zusammenfassen. Neben der fachlichen Vertiefung haben die Studierenden ihre schriftliche Präsentationskompetenz sowie ihre Medienkompetenz und Kommunikationskompetenz weiterentwickelt.							
5	Prüfungen Benoteter schriftlicher oder mündlicher Kurzbericht							
6	Prüfungsformen und –leistungen ⊠ Modulprüfung: Kurzbericht □ Teilleistung							
7	Teilnahmevoraussetzungen 40 erworbene Leistungspunkte im Masterstudiengang Physik							
8	Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Masterstudiengang Physik.							
9	Modulbeauftragte Dekan/in Physik	/r	Zuständ Physik	ige Fakultät				

Мc	odul: Methoden u	nd Projektplanung	g (PHY912)			
Tu jec	rnus: les Semester	Dauer: 1 Semester	Studienabschn 3. Sem	itt: Credits 15	Aufwand 450 h	
1	Modulstruktur Projektplanung fü Arbeitsgruppense	r die Masterarbei minar 2 SWS	it			
2 3	Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch Lehrinhalte Definition einer wissenschaftlichen Problemstellung Methoden des Projektmanagements Erstellung, Vorstellung und Diskussion eines Projektplans					
4	Kompetenzen Die Studierenden Arbeits- und Zeitp Rahmen der Mas bei der Anwendu weiterentwickelt.	können eine aktu blan zur erfolgrei terarbeit entwick ıng von Fachwis	uelle wissenschaftlic chen Absolvierung o eln. Sie haben dabe sen sowie die Fäh	he Problemstellun des selbständiger i insbesondere ih gkeit zum wisser	ng formulieren sowie den n Forschungsprojekts im nre Methodenkompetenz nschaftlichen Schreiben	
5	Prüfungen Benotete Projekt	arbeit, z.B. Forso	chungsplan und Met	hodenüberblick		
6	Prüfungsforme ⊠ Modulprüfu	n und –leistunge ng: Projektarbe	en it □ Tei	lleistung		
7	Teilahmevoraus 40 erworbene Lei	setzungen stungspunkte im	Masterstudiengang	Physik		
8	Modultyp und Ve Pflichtmodul im M	e rwendbarkeit d lasterstudiengang	es Moduls g Physik.			
9	Modulbeauftragt Dekan/in Physik	e/r	Zustä Physik	ndige Fakultät		

п

Modul: Masterarbeit (PHY1011)							
М.S	ScStudiengang P	hysik					
Tu	mus:	Dauer:	Studiena	bschnitt:	Credits	Aufwand	
jed	es Semester		4. Sem		30	900 h	
1	Modulstruktur Betreute Forschungsarbeit						
2	Lehrveranstaltun	gssprache:	Deutsch oder Er	nglisch			
3	Lehrinhalte Bearbeitung einer aktuellen wissenschaftlichen Problemstellung der experimentellen oder theoretischen Physik in einem internationalen Forschungsumfeld sowie abschließende Präsentation der Ergebnisse. Literatur: Monographien, Übersichtsartikel und Originalveröffentlichungen zur jeweiligen wissenschaftlichen Problemstellung.						
4	4 Kompetenzen Die Studierenden können in einem internationalen Forschungsumfeld ein aktuelles wissenschaftliches Projekt selbstständig entsprechend einem von ihnen erarbeiteten Projektplan bearbeiten, d.h entsprechende Experimente bzw. Berechnungen durchführen, und zu Ergebnissen führen. Neben der dafür erforderlichen Fachkompetenz haben sie dabei ihre Methodenkompetenz, Teamkompetenz, Kommunikationskompetenz, mündliche Präsentationskompetenz, Selbstkompetenz (Belastbarkeit, Flexibilität, Zeitmanagement) sowie oftmals auch interkulturelle Kompetenz weiterentwickelt.						
5	Prüfungen Studienleistung: Präsentation der Forschungsergebnisse in einem Vortrag. Benotete Modulprüfung: Begutachtung der Masterarbeit hinsichtlich Inhalt und Form.						
6	 Prüfungsformen und –leistungen Modulprüfung: Masterarbeit Teilleistungen: 						
7	Teilnahmevoraussetzungen Modul "Methoden und Projektplanung" (PHY912)						
8	Modultyp und Ver Pflichtmodul im Ma	rwendbarkeit asterstudienga	t des Moduls ang Physik.				
9	Modulbeauftragte Dekan/in Physik	e/r		Zuständig Physik	e Fakultät		