

Modulhandbuch
zu den Studiengängen
Physik, Bachelor of Science
Physik, Master of Science
der Technischen Universität Dortmund
Version: 26. Januar 2022

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Inhaltsverzeichnis..... | 1 |
| Erläuterungen..... | 2 |
| Inhaltsübersicht..... | 4 |
| Module Semester 1-4 | 12 |
| Module Semester 5 und 6..... | 33 |
| Module Semester 7 (Master)..... | 81 |
| Module Semester 8 (Master)..... | 139 |
| Module Semester 9 und 10 (Master)..... | 166 |

Erläuterungen

Die Module des Fachs Physik sind hier mit einer Nummer der Form **PHYklmn** 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 $k=1,\dots,6$ für den Bachelorstudiengang und $k=7,\dots,10$ für den Masterstudiengang,
- ⤴ **l** die Art der Veranstaltung:
l=1: Theoretische und experimentelle Physik, z.B. integrierter Kurs;
l=2: Experimentalphysik;
l=3: Theoretische Physik;
l=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- Wahlpflicht- oder Wahlmodule der Bachelor- und Master-Studiengänge Physik abgedeckt werden. Diese Module sind im entsprechenden Modulhandbuch des Master-Studienganges Medizinphysik beschrieben.

Inhaltsübersicht

| Inhaltsübersicht | | | | |
|------------------|---------------|--|------------------|-------|
| Modul | | Name | Studien- gang | CP |
| | 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 |
| 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 |
| PHY523 | Wahlmodul | Statistische Methoden der Datenanalyse (SMD A und B) | W,B | 9 |
| 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 |
| PHY529 | Wahlmodul | Teilchenphysik 1 | W,B | 3 |

| Inhaltsübersicht | | | | |
|-------------------------|----------------|---|--------|----|
| 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 | Streuethoden 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 |
| PHY611 | Bachelorarbeit | 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 | Seminar: 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 Medizinphysik | W,MM | 3 |
| PHY6212 | Wahlmodul | Superconductivity | W,(B)M | 3 |
| PHY6213 | Wahlmodul | Halbleiterphysik | W,BM | 5 |
| BP12 | Wahlmodul | Physik des Lebens | W,BM | 6 |

| Inhaltsübersicht | | | | |
|------------------|-------------|---|--------|----|
| 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 | Spez.-Modul | 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 |
| 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 |

| Inhaltsübersicht | | | | |
|------------------|-----------|---|------|-------|
| 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, Angewandte Laserspektrometrie (mit Praktikum) | W,M | 5 |
| PHY7222 | Wahlmodul | Magnetismus II | W,M | 3/6 |
| PHY7224 | Wahlmodul | Seminar: Informationstechnologie 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 PHY732 PHY711 | Spezialisierungsmodul | Einführung in die theoretische Elementarteilchenphysik (731) <i>oder</i> Einführung in die theoretische Festkörperphysik (732) <i>oder</i> Beschleunigerphysik (711) | WP,M | 12 |
| PHY733 | Wahlmodul | Quantenfeldtheorie | W,M | 8 |
| 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 | Mastermodul Theorie weicher und biologischer Materie | W,M | 5 |
| PHY7314 | Wahlmodul | Lecture: Quantum theory of semiconductors | W,M | 3 |
| PHY7315 | Wahlmodul | Ask me anything: Quantum Dots | W,M | 3 |
| PHY741 bis SS18 | Praktikum 1 | Experimentelle Übungen für Masterstudierende I | P,M | 10 |
| PHY742 ab WS18/19 | Praktikum | Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudierende I | P,M | 6 |
| 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 | Experimentelle Aspekte der Teilchenphysik | 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: Detektorsysteme in der Teilchen- und Medizinphysik | W,M | 3 |
| PHY827 | Wahlmodul | Seminar: Falsche Entdeckungen in der | W,BM | 3 |

| | | | | |
|----------------------|-----------------------------|---|-------|----|
| | | Teilchenphysik | | |
| 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 | Wahlmodul | Introduction to Renormalization of Quantum Field Theories | W,M | 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 | 4 |
| PHY841 bis SS18 | Praktikum 2 | Experimentelle Übungen für Masterstudierende II | P,M | 10 |
| PHY842 ab WS18/19 | Praktikum | Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Festkörperphysik | W,P,M | 6 |
| PHY843 ab WS18/19 | Praktikum | Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Teilchenphysik | W,P,M | 6 |
| PHY844 ab WS18/19 | Praktikum | Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Theoretikum | W,P,M | 6 |
| PHY845 ab WS18/19 | Praktikum | Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Elektronik | W,P,M | 6 |
| PHY846 ab WS18/19 | Wahlmodul | Seminar zum Theoretikum im Bereich Kondensierter Materie | W,P,M | 3 |
| PHY911 | Forschungspraktikum | Forschungspraktikum | P,M | 15 |
| PHY912 | Methoden und Projektplanung | Methoden und Projektplanung | P,M | 15 |
| PHY1011 | Masterarbeit | Masterarbeit | P,M | 30 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

W=Wahlmodul, WP=Wahlpflicht, P=Pflicht
B=Bachelor, M=Master

Modul: Höhere Mathematik I

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

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

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

| | | | | | |
|----------|--|---|---|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI | V | 6 | 4 |
| | 2 | Übungen zu Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI | Ü | 3 | 2 |
| | | | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache Deutsch | | | | |
| 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 der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen. | | | | |
| 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Empfohlen wird die Beherrschung des Schulstoffs Mathematik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul in den Bachelorstudiengängen Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik | | Zuständige Fakultät Fakultät für Mathematik | | |

Modul: Höhere Mathematik II

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

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

| | | | | |
|----------------------------------|----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Turnus Jährlich zum SS | Dauer 1 Semester | Studienabschnitt 2. Semester | Credits 9 | Aufwand 270 h |
|----------------------------------|----------------------------|--|---------------------|-------------------------|

| | | | | | |
|----------|---|--|---|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Höhere Mathematik II für P/ET-IT/AI | V | 6 | 4 |
| | 2 | Übungen zu Höhere Mathematik II für P/ET-IT/AI | Ü | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Dieses Modul setzt das Modul <i>Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI</i> fort. Die Vorlesung (Element 1) besteht aus den Themenkomplexen 'eindimensionale Integralrechnung', 'mehrdimensionale Differentialrechnung', 'mehrdimensionale Integralrechnung' und 'Gewöhnliche Differentialgleichungen'. Die Übungen (Element 2) dienen der Vertiefung der Lehrinhalte, der Einübung wichtiger Rechentechniken und der Anwendung auf konkrete Probleme der Physik und Ingenieurwissenschaften. Sie sind zweistündig und bestehen in der Regel aus der Diskussion der bearbeiteten Hausaufgaben und weiteren Übungsaufgaben. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden sollen die grundlegenden mathematischen Methoden sowie einige Standardanwendungen erlernen bzw. weiter vertiefen. | | | | |
| 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 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Solide Kenntnisse aus Höhere Mathematik I für P/ET-IT/AI | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul in den Bachelorstudiengängen Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik | | Zuständige Fakultät Fakultät für Mathematik | | |

Modul: Höhere Mathematik III
für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

Modul: Höhere Mathematik III
für Physik, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (P/ET-IT/AI)

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

| | | | | |
|----------------------------------|----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Turnus Jährlich zum WS | Dauer 1 Semester | Studienabschnitt 3. Semester | Credits 9 | Aufwand 270 h |
|----------------------------------|----------------------------|--|---------------------|-------------------------|

| | | | | | |
|---|--|---|---|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI | V | 6 | 4 |
| | 2 | Übungen zu Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI | Ü | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Dieses Modul setzt das Modul <i>Höhere Mathematik II für P/ET/IT/AI</i> (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. | | | | |
| 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 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Solide Kenntnisse aus Höhere Mathematik I und II für P/ET/IT/AI | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul in den Bachelorstudiengängen Physik, Medizinphysik, Elektro- und Informationstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Angewandte Informatik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik | | Zuständige Fakultät Fakultät für Mathematik | | |

Modul: Höhere Mathematik IV
für Physik

Bachelor-Studiengänge: Physik

| | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Turnus: Jährlich zum SS | Dauer 1 Semester | Studienabschnitt 4. Semester | Credits 6 | Aufwand 180 h |
|-----------------------------------|----------------------------|--|---------------------|-------------------------|

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|---|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Höhere Mathematik IV für Physik | V + Ü | 6 | 4 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Dieses Modul setzt das Modul <i>Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI</i> 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 Die Studierenden sollen fortgeschrittene mathematische 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. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung: | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Solide Kenntnisse in Höhere Mathematik I - III für P/ET-IT/AI | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflicht-Teilmodul im Bachelorstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik | | Zuständige Fakultät Fakultät für Mathematik | | |

Modul: Numerische Mathematik
für Physik und Ingenieurwissenschaften

Bachelor-Studiengänge: Physik, Chemieingenieurwesen, Bioingenieurwesen, Bauingenieurwesen

| | | | | |
|----------------------------------|----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Turnus Jährlich zum SS | Dauer 1 Semester | Studienabschnitt 4. oder 6. Semester | Credits 6 | Aufwand 180 h |
|----------------------------------|----------------------------|--|---------------------|-------------------------|

| | | | | | |
|----------|--|--|---|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Numerische Mathematik für Physik und Ingenieurwissenschaften | V + Ü | 6 | 4 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Dieses Modul setzt das Modul <i>Höhere Mathematik III für P/ET-IT/AI</i> 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: <ol style="list-style-type: none"> 1. Numerische Lineare Algebra (Lösung großer linearer Gleichungssysteme, Konditionierung, iterative Löser, Eigenwertberechnung) 2. Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme (Newton-Verfahren und Varianten) 3. Optimierung (lineare Programmierung, nichtlineare Probleme) 4. Numerische Behandlung gewöhnlicher Differentialgleichungen (Ein- und Mehrschrittverfahren, Steifheit von Differentialgleichungen, Randwertprobleme) | | | | |
| 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. | | | | |
| 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. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung: | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in Höhere Mathematik I - III für P/ET/IT/AI bzw. Höhere Mathematik I-IIIa für MB/BCI/BW; ggf. weitere Veranstaltungen des Studienfachs | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflicht-(Teil-)Modul im Bachelorstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Studiendekan/in der Fakultät für Mathematik | | Zuständige Fakultät Fakultät für Mathematik | | |

Modul: Einführung in die Programmierung

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

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

| Turnus | Dauer | Studienabschnitt | Credits | Aufwand |
|----------------|------------|------------------|-------------------------|----------------|
| Jährlich im WS | 1 Semester | 1. Semester | 12 (V,Ü,P) oder 9 (V,Ü) | 360 oder 270 h |

| | | | | | |
|----------|---|---|--|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Einführung in die Programmierung | V | 6 | 4 |
| | 2 | Übungen zu Einführung in die Programmierung | Ü | 3 | 2 |
| | 3 | Optional: Praktikum zu Einführung in die Programmierung | P | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <u>Elemente 1 und 2</u> 1. Begriffsklärungen: Informatik allgemein, Teilgebiete der Informatik, Algorithmus; Abgrenzung zu anderen Wissenschaften; Überblick: Rechnerarchitektur und Programmiersprachen; Darstellung von Information 2. Programmierung in C++: grundlegende Datentypen und -strukturen, Kontrollstrukturen, Zeiger, Funktionen, Klassenkonzept, Vererbung, Polymorphie, Ausnahmebehandlung, Schablonen, Überblick STL 3. Abstrakte Datentypen: Keller, Schlange, Listen, Binärbaum, Graphen, Komplexe Zahlen 4. Algorithmen: Suchen, Sortieren, Hashing, Rekursionsprinzip, einfache Graphalgorithmen 5. Einführung in die GUI-Programmierung (mit Qt) <u>Element 3</u> Die in der Vorlesung behandelten Inhalte werden anhand vorgegebener Aufgaben (im wesentlichen Programmieraufgaben) vertieft. Die Aufgaben sind mittels bereitgestellter Rechner praktisch zu bearbeiten und zu lösen. <u>Lehrbücher</u> • Lippmann; Lajoie; Moo: C++ Primer, 4. Auflage (dt. Ausgabe) • May: Grundkurs Software-Entwicklung mit C++; • Stroustrup: Die C++ Programmiersprache, 4. Auflage | | | | |
| 4 | Kompetenzen Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, Algorithmen aus unterschiedlichen Bereichen strukturiert zu entwerfen und in der objektorientierten Programmiersprache C++ umzusetzen. Dabei wählen sie jeweils geeignete Datentypen aus. Sie kennen die Sprachkonstrukte von C++ und beherrschen die Grundkonzepte von objektorientierten Programmiersprachen. Sie können verschiedene Softwarewerkzeuge zur Unterstützung der Programmierung und der Fehlersuche einsetzen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Benotete Modulprüfung: Klausur (180min) Studienleistungen: (1) Erwerben eines Übungsscheines zu Element 2 (2) Erwerben eines Übungsscheines zu Element 3 Die Studienleistungen (1) und (2) sind Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen -keine- | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls siehe Prüfungsordnungen der jeweiligen Studiengänge | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. Dr. Günter Rudolph | | Zuständige Fakultät Informatik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|--------------------------|
| Modul: Allgemeine und anorganische Chemie (Vorlesung) für Physik | | | | |
| B.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus Jährlich zum WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1. Semester | Credits 6 | Aufwand: 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|--|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Allgemeine und anorganische Chemie / Zachwieja | V | 6 | 4 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 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, <ul style="list-style-type: none"> • 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 Wissenschaften aufzuzeigen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Benotete Modulprüfung: Klausur. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen keine | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r PD Uwe Zachwieja | | Zuständige Fakultät Chemie | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|--------------------------|
| Modul: Allgemeine und anorganische Chemie (Praktikum) für Physik | | | | |
| B.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus Jährlich zum SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 2. Semester | Credits 4 | Aufwand: 120 h |

| | | | | | |
|----------|---|--|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Anorganisch-chemisches Praktikum / Zachwieja | P | 4 | 4 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: 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, <ul style="list-style-type: none"> • 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: testierte Versuche <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Das Modul „Allgemeine und anorganische Chemie (Vorlesung) für Physik“ muss bestanden sein. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r PD Uwe Zachwieja | | Zuständige Fakultät Chemie | | |

Modul: Physik I (PHY111)

(Mechanik, Grundlagen Thermodynamik und Hydrodynamik, Spez. Relativitätstheorie)

B.Sc.-Studiengang: Physik

| | | | | |
|-----------------|---------------|--------------------------|----------------|-----------------|
| Turnus | Dauer: | Studienabschnitt: | Credits | Aufwand: |
| Jährlich zum WS | 1 Semester | 1. Semester | 15 | 450 h |

| | | | | | |
|----------|---|---|------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Physik I: Integrierter Kurs; je ein/e Dozent/in aus der theoretischen und experimentellen Physik. | V | 9 | 6 |
| | 2 | Übungen zur Physik I | Ü | 6 | 4 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Experimentelle und theoretische Grundlagen der Mechanik, der Thermodynamik und der speziellen Relativitätstheorie. <u>Mechanik:</u> Struktur des Raumes (Vektorrechnung, Koordinatensysteme), Kinematik (Beschreibung der Bewegung im dreidimensionalen Raum); Newton'sche Gesetze und einfache Anwendungen (Kräfte, Kraftfelder, Statik); allgemeine Bezugssysteme (Galilei-Transformationen, Scheinkräfte), allgemeine Integration der eindimensionalen Bewegungsgleichung; konservative Kräfte und Energieerhaltung; Erhaltungssätze in 2-Teilchen-Systemen; allgemeine Lösung des Zentralkraftproblems, Lösung des Keplerproblems; Rutherfordstreuung; freie und gedämpfte harmonische Schwingungen; erzwungene Schwingungen; gekoppelte Schwingungen; Wellen in einer Dimension (einschließlich Phasen- und Gruppengeschwindigkeit, Dopplereffekt, Wasserwellen); Mehrteilchensysteme: allgemeine Erhaltungssätze, Übergang zum starren Körper; Trägheitsmoment und Volumenintegration; Anwendungen des Trägheitsmoments; Drehimpuls des starren Körpers; Euler-Gleichungen und einfache Lösungen (eingehendere Behandlung des Kreisel einschließl. Trägheitstensor, Eigenwerte und Stabilität vgl. Physik III); <u>Grundlagen der Thermodynamik:</u> Kinetische Theorie des Gase; thermodynamische Verteilungsfunktionen; phänomenologische Thermodynamik; <u>Elemente der Hydrodynamik; spezielle Relativitätstheorie:</u> experimentelle Grundlagen, Lorentz-Transformationen, Minkowski-Diagramme, Energie und Impuls, Metrik und kovariante Schreibweise. <u>Literatur:</u> M. Alonso, E. J. Finn, Fundamental University Physics I: Mechanics; Berkeley-Kurs Bd. 1: Mechanik | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden lernen mit der Mechanik exemplarisch ein erstes konsistentes physikalisches Gedankengebäude und dessen historische Entwicklung kennen. Sie lernen, wie man komplexe Systeme wie gekoppelte Schwingungen, das Planetensystem oder den starren Körper durch geeignete Reduktion analysieren und analytisch erfassen kann. In der Thermodynamik lernen sie physikalische Systeme mit sehr vielen Freiheitsgraden kennen und statistische Konzepte darauf anzuwenden. Mit der Relativitätstheorie bekommen sie einen Einblick in eine Erweiterung der klassischen Mechanik und in das Konzept der Raum-Zeit. 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. Modulprüfung (Klausur 180min); die Note geht nicht in die Bachelor-Gesamtnote ein. | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> 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.Sc.-Studiengang: Physik

| Turnus | Dauer: | Studienabschnitt: | Credits | Aufwand |
|-----------------|------------|-------------------|---------|---------|
| Jährlich zum SS | 1 Semester | 2. Semester | 15 | 450 h |

| | | | | | |
|---|--|--|------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Physik II: Integrierter Kurs; je ein/e Dozent/in aus der theoretischen und experimentellen Physik. | V | 9 | 6 |
| | 2 | Übungen zur Physik II | Ü | 6 | 4 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <u>Klassische Elektrodynamik; Elektrostatik:</u> Coulomb'sches Gesetz, Divergenz, Gauß'scher Satz und Gaußsches Gesetz, Poisson-Gleichung, Multipolentwicklung, Punktladung und Delta-Funktion, elektrostatische Energie; elektrische Felder mit Randbedingungen, Kondensator und Kapazität, Dielektrika; <u>der elektrische Strom:</u> Ohm'sches Gesetz, Kirchhoff'sche Regeln, Schaltungen mit Kondensatoren und Widerständen, Entladung; <u>Magnetostatik:</u> allgemeiner Überblick über die magnetischen Erscheinungen; Biot-Savart'sches Gesetz; differentielle Eigenschaften des Magnetfeldes, Rotation, Ampere'sches Gesetz; Vektorpotential, Eichinvarianz; Multipol-Entwicklung, magnetischer Dipol; Kräfte auf magnetische Dipole, Magnetfeld in Materie; <u>zeitlich veränderliche Felder:</u> Induktionerscheinungen, Faraday'sches Gesetz, Generator, Elektromotor, induktive Messung von Magnetfeldern, Betatron, Selbstinduktion, RL-Schaltungen, Transformator, magn. Energiedichte; <u>Wechselstromkreise:</u> komplexe Widerstände und Amplituden, Kirchhoff'sche Regeln für Wechselstromkreise, Hoch- und Tiefpass, Schwingkreis, gekoppelte Schwingkreise, belasteter Transformator; <u>elektromagnetische Wellen:</u> Verschiebungsstrom, vollständige Maxwell-Gleichungen; skalares und Vektorpotential, elektromagnetische Wellen, freie ebene Wellen, Kugelwellen, Hertz'scher Dipol; Strahlungscharakteristik, Synchrotronstrahlung; <u>relativistische Formulierung der Maxwell-Gleichungen;</u> <u>elektrische und magnetische Felder in Materie:</u> makroskopische Beschreibung, Randbedingungen an Materialgrenzen; mikroskopische Modelle, Clausius-Mosotti, Ferromagnetika, spontane Magnetisierung, Weiß' sche Bereiche, Hysterese. <u>Literatur:</u> J. D. Jackson, Klassische Elektrodynamik; M. Alonso, E. J. Finn, Fundamental University Physics II : Fields and Waves; Berkeley-Kurs Band 2: Elektrizität und Magnetismus | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden lernen mit der Elektrodynamik ein physikalisches System kennen, das durch raum-zeit-abhängige Funktionen, also Felder beschrieben wird. Sie lernen, wie man Felder mathematisch beschreibt und eigenständig berechnet. Anhand der historischen Entwicklung lernen sie mit der durch Maxwell abgeschlossenen Synthese von elektrischen und magnetischen Erscheinungen eine erste „vereinheitlichte Feldtheorie“ kennen, so wie sie heute als umfassende Theorie aller physikalischen Erscheinungen gesucht wird. Die Studenten lernen eine Vielzahl von Anwendungen, insbesondere von Apparaten und Maschinen kennen und verstehen, die unsere technische Umwelt entscheidend prägen und im Laufe der 19. und 20. Jahrhunderts verändert haben. 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 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> 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.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus Jährlich zum WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Semester | Credits 15 | Aufwand 450 h |

| | | | | | |
|----------|---|---|------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | 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 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Gekoppelte Schwingungen, Normalmoden, Eigenwertproblem. <u>Wellengleichung in mehreren 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. <u>Ausgleichsphänome:</u> Diffusionsvorgänge. Wärmeleitung. <u>Analytische Mechanik:</u> 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> 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 sein. | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | Zuständige Fakultät Physik |

| | | | | |
|--|---|---|--------------------------------------|---|
| Modul: Grundpraktikum für Physiker I /II (PHY341/441) | | | | |
| B.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus Jährlich zum WS | Dauer: je 1 Semester | Studienabschnitt: 3. bzw. 4. Semester | Credits jeweils 6 | Aufwand jeweils 180h, davon 60,5h Präsenz und Prüfungen |
| 1 | Modulstruktur 4 SWS, Praktikum und Einführungsvorlesung; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrenen Assistenten betreut. | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlegende physikalische Experimente und Messmethoden. In der Vorlesung 'Einführung in die Messtechnik' werden grundlegende Kenntnisse der Messtechnik und der Datenanalyse gelernt. Es werden die notwendigen praktischen Kenntnisse und Erfahrungen zum experimentellen Arbeiten, zur Messtechnik und zur Datenanalyse an grundlegenden Experimenten erarbeitet, wobei methodische Gesichtspunkte im Vordergrund stehen. Das Praktikum orientiert sich an den grundlegenden Standardversuchen der Experimentalphysik aus den Bereichen: Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre, Schwingungen, Optik und speziellen Physik (z.B. Atomphysik, Radioaktivität). Die grundlegenden Versuche werden durch einfache, aktuelle Versuche ergänzt, um moderne Arbeitstechniken zu erlernen. Literatur: Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt, das neben den eigentlichen Versuchsanleitungen auch Hinweise zur Versuchsvorbereitung und Auswertung gibt. Eichler, Kronfeld, Sahm, Das Neue Physikalische Grundpraktikum (Springer 2006) Geschke, Physikalisches Praktikum (Teubner 1998) Kohlrausch, Praktische Physik 1-3 (Teubner 1996) Walcher, Praktikum der Physik (Teubner 1994) | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden lernen physikalische Zusammenhänge zu verstehen und sind in der Lage, theoretische Konzepte im Experiment zu verifizieren. Sie haben gelernt grundlegende experimentelle Techniken und Messverfahren, sowie einfache Methoden der Datenanalyse und den Umgang mit Messunsicherheiten zu verstehen. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie lernen, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren. | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Benotete mündliche Modulprüfung (30 min) über PHY341/441 am Ende von PHY441. | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> 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 Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik | | | |
| 9 | Modulbeauftragter Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | |
| | Lehrende Alle Lehrenden der Experimentalphysik | | | |

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

B.Sc.-Studiengang: Physik

| Turnus | Dauer: | Studienabschnitt: | Credits | Aufwand |
|-----------------|------------|-------------------|---------|---------|
| Jährlich zum SS | 1 Semester | 4. Semester | 15 | 450 h |

| | | | | | |
|----------|---|--|------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Physik IV: Integrierter Kurs; je ein/e Dozent/in aus der theoretischen und experimentellen Physik. | V | 9 | 6 |
| | 2 | Übungen zur Physik IV | Ü | 6 | 4 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlegende Quantenphänomene und Methodik der Quantenmechanik, z.B.: Schlüsselexperimente zur Quantenphysik, mikroskopische Grenzen der klassischen Physik. Materiewellen, Wahrscheinlichkeiten und die Schrödingergleichung. Mittelwerte und Schwankungen, Operatoren und Eigenfunktionen, Orts- und Impulsdarstellung. Quantenmechanik in einer Dimension; stückweise konstante Potentiale und harmonischer Oszillator. Tunneleffekt. WKB-Näherung und andere approximative und numerische Verfahren. Messprozess. Symmetrien und Erhaltungssätze. Zentralpotentiale, Drehimpuls, Wasserstoff und Wasserstoffähnliche Systeme. Bewegung im elektromagnetischen Feld. Spin, Drehimpulsaddition. Störungsrechnung, stationär und zeitabhängig. Optische Übergänge. Variationsprinzip. Identische Teilchen. Zeemaneffekt, Starkeffekt, Feinstruktur, Hyperfeinstruktur. Atomaufbau, Hundsche Regeln. Moleküle, chemische Bindung, einfache Moleküle, sp ³ -Orbitale. <u>Literatur:</u> Cohen-Tannoudji et al: QM, Schwabl: QM, Demtröder: Experimentalphysik 3. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden können die charakteristischen Phänomene der Quantenphysik erkennen, einordnen und deuten, sowie den formalen Apparat der Quantenmechanik sicher auf die für die gesamte moderne Physik essentiellen Quantenphänomene anwenden. Durch die Konzeption als integrierter Kurs beherrschen die Studierenden die unterschiedlichen Methoden der theoretischen und der experimentellen Physik und können diese in Anwendung auf quantenmechanische 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 benotetete Modulprüfungen (je 30min) über Physik III und IV (exp./theor.) nach Physik IV | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> 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 sein. | | | | |

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

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Grundbegriffe der Physik (PHY412a) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc., B.Ed. M.Ed.) | | | | |
| Turnus: regelmäßig im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 4. - 6. Sem. (B.Sc) 2. - 4. Sem (M.Sc) | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 6 | 3 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <u>Teil I: Von der Antike zur klassischen Feldtheorie:</u> Antike Astronomie, Symmetrien, Atomismus und Elementenlehre in der Antike, das aristotelische Weltbild, Mittelalterliche Aristoteles-Kritik, Astronomie bis Kopernikus, Galilei, Kepler und die kopernikanische Revolution, die Begründung der experimentellen Methode, Physik zwischen Technik und Metaphysik (Francis Bacon; Descartes), Newtons Optik: Experimentelle Phänomene und ihre Ursachen, Newtons Principia: Masse, Kraft und Gravitation; „Regeln des Philosophierens“, Raum und Zeit, Leibniz-Clarke-Debatte, die „lebendige Kraft“, Energiebegriff, Energieerhaltung, Elektromagnetismus, Feldbegriff (Oerstedt, Faraday, Maxwell), Relativitätstheorie (Einstein) . <u>Teil II: Von der probabilistischen Revolution zur Quantentheorie:</u> Laplace: Determinismus und Wahrscheinlichkeit. Probabilistische Revolution, Energie-Erhaltungssatz; Entropiebegriff und 2.Hauptsatz der Thermodynamik, Kinetische Theorie der Wärme, Maxwell und Boltzmann, Entropiesatz, Strahlungstheorie und Plancks „Akt der Verzweiflung“, Einsteins Lichtquantenhypothese, Rutherford-Streuung und Bohrsches Atommodell, Quantenmechanik von 1925/26: Heisenberg, Schrödinger, Born; Heisenbergs Unschärferelation und Bohrs „Kopenhagener“ Deutung; Bohr-Einstein-Debatte, EPR-Gedankenexperiment, Schrödingers Katze, 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 Physik; Scheibe, Die Philosophie der Physiker; Weitere Angaben in der Vorlesung | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erkennen die historischen Bedingungen, unter denen unser gegenwärtiges physikalisches Weltbild entstanden ist. Die Entstehung der Grundbegriffe, in denen das physikalische Weltbild formuliert wird (Raum, Zeit, Materie, Kausalität, Felder, Wahrscheinlichkeit, Quanten u.a.) wird erlernt. Im interdisziplinären Grenzbereich zwischen der Physik und der Philosophie (Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie) wird an diesem historischen Kontext gezeigt, wie physikalische Forschung begründet werden kann sowie wie physikalische Theorien aufgestellt und überprüft werden. Für einen etwaigen späteren Unterricht der Studierenden an Schulen oder Universitäten werden pädagogische Aspekte und Konnotationen vermittelt. Ziel der Veranstaltung ist, einen kompetenten und kritischen Umgang mit der Forschungsbegründung und –entwicklung zu vermitteln. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistung: Schriftliche Arbeit. Benotete mündliche Modulprüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: keine | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder im Masterstudiengang Physik, Vertiefung Lehramt | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Grundbegriffe der Physik (PHY412b) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: regelmäßig im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 4. - 6. Sem. (B.Sc) 2. - 4. Sem (M.Sc) | Credits 5 | Aufwand 150 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Instrumente der modernen Physik (PHY421) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc.), Medizinphysik (B.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 4. oder 5. Semester B.Sc. | Credits 5 | Aufwand 150 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Instrumente der modernen Physik | V + Ü | 5 | 3 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Einleitung: Wiederholung der Elektrodynamik und speziellen Relativitätstheorie, Licht- und Teilchenoptik, Signalverarbeitung, Einführung in das Programmieren (für einige Übungsaufgaben). Quellen elektromagnetischer Strahlung: Schwarzer Körper, Entladungslampen, Lasersysteme, Röntgenröhren, Synchrotronstrahlungsquellen, Freie-Elektronen-Laser, optische Laborausrüstung. Quellen von Teilchenstrahlung: Kosmische Strahlung, radioaktive Präparate, Beschleuniger und Speicherringe. Teilchendetektoren: Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Ionisationskammern, Halbleiterdetektoren, Photomultiplier, Szintillatoren, Cherenkow-Effekt und Übergangsstrahlung. 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 elektrischer Signale werden angesprochen. Die Übungsaufgaben beinhalten Verständnisfragen, einfache Rechnungen und Simulationen mit einer Skriptsprache (Matlab oder Python). Programmierkenntnisse sind keine Voraussetzung, sondern werden im Rahmen der Übungen durch die praktische Anwendung auf physikalische Fragestellungen erlernt. | | | | |
| 5 | Prüfungen Benotete mündliche Modulprüfung (30 min). Studienleistung als Zulassungsvoraussetzung: Regelmäßige und aktive Teilnahme an den Übungen sowie erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben. Details werden zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse in Optik, klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlbereich im Bachelorstudiengang | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. Shaukat Khan | | Zuständige Fakultät Physik | | |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Physik des Segelns (PHY515) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | |
|----------|---|--|--------------------------------------|--|
| 1 | Modulstruktur 2 SWS Seminar. Selbststudium und eigene Vorträge. Das Seminar besteht aus Präsentationen der Studierenden zu Themen aus dem Bereich Physik des Segelns. | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | |
| 3 | Lehrinhalte: Experimentelle Methoden und theoretische Konzepte aus der Physik werden auf Themen rund um das Segeln, d.h. die Fortbewegung von Wasserfahrzeugen mit Windenergie, angewandt. Diese beinhalten u.a.: <ul style="list-style-type: none"> - 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse der Physik I bis IV. | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. S. Khan, Prof. H. Päs | | Zuständige Fakultät Physik | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Einführung in die Festkörperphysik (PHY521) | | | | |
| B.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus: jährlich zum WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5. Semester | Credits 9 | Aufwand 270 h |

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

Modul: Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik (PHY522)**B.Sc.-Studiengang: Physik**

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

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Statistische Methoden der Datenanalyse / SMD (PHY523) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc.) | | | | |
| Turnus: regelmäßig im SS und WS | Dauer: 2 Semester | Studienabschnitt: 4. und 5. Sem. (B.Sc.) 2. und 3. Sem. (M.Sc.) | Credits 9 | Aufwand 270 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | SMD A: Vorlesung mit Übung | V+Ü | 4 | 2 + 1 |
| | 2 | SMD B: Vorlesung mit Übung | V+Ü | 5 | 2 + 1 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <p>SMD A: Numerische Methoden der Datenverarbeitung, Datenbehandlung und Programmierung, Algorithmen und Datenstrukturen, Methoden der linearen Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, ein- und mehrdimensionale Verteilungen, Zufallszahlen und Monte Carlo Methoden, Data-Mining Methoden: Diskriminanzanalyse, Hauptkomponentenanalyse, Feature Selection, Überwachtes Lernen (kNN, Decision Trees, Random Forests), MRMR, Unüberwachtes Lernen (Ensemble Lerner), Convolutional Neural Nets</p> <p>SMD B: Parameterschätzung, Optimierungsprobleme, Methode der kleinsten Quadrate, Maximum Likelihood-Methode, numerische Fitverfahren, Regularisierung, Konfidenzintervalle und Hypothesentests, Parametrisierung von Daten, Bayes'sche Verfahren, Verfahren zur Lösung inverser Probleme, Validierungstechniken, Behandlung systematischer Fehler, Akzeptanzberechnung.</p> <p>Literatur: R.J. Barlow, Statistics, Wiley; V. Blobel, E. Lohrmann, Numerische und Statistische Methoden der Datenanalyse, Teubner; S. Brand, Datenanalyse, Spektrum Verlag; G.D. Cowan, Statistical Data Analysis, Oxford University Press; W.T. Eadie et al., Statistical Methods in Experimental Physics, NorthHolland; H.L. Harney, Bayesian Inference, Springer; T. Hastie, The Elements of Statistical Learning, Springer Verlag; F. James, Telling the truth with Statistics, CERN Academic Training Program; D.E. Knuth, The Art of Computer Programming, Addison Wesley; W.T. Press et al., Numerical Recipes, Cambridge</p> | | | | |
| 4 | Kompetenzen <p>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 sehr große Datenmengen. Die Übungsaufgaben werden unter Einbeziehung von gängiger Software (auch) am Computer gelöst. In der Veranstaltung wird praktische und theoretische Kompetenz In der Datenanalyse für die Erstellung von Abschlussarbeiten und die spätere Berufsausübung erworben.</p> <p>Bachelorstudium: Vorlesungsstart ist im 4. BA-Semester (SS), damit zum Vorlesungsende (5. BA-Semester, WS) die wesentlichen Kompetenzen für die Bachelorarbeiten (6.BA-Semester) in der Datenanalyse in verschiedenen physikalischen Teilbereichen vorhanden sind. Die Teilnahme an der Vorlesung bereitet auf die weiterführenden Veranstaltungen zur Datenanalyse (SMD 2, Seminare) im Bachelor oder Master vor.</p> <p>Masterstudium: Im regulären Masterstudium kann die Vorlesung nur teilweise überlappend mit dem Methodenseminar gehört werden. Der Erwerb der Kompetenzen erfolgt hier möglicherweise nicht rechtzeitig vor der Planungsphase der Arbeit. Nicht alle aufbauenden Veranstaltungen können gehört werden.</p> | | | | |
| 5 | Prüfungen <p>Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Übungen sowohl von SMD A als auch von SMD B</p> <p>Modulprüfung: Teilmodulprüfungen (schriftlich 120 min oder mündlich 30 min) nach SMD A und</p> | | | | |

| | | |
|----------|--|--------------------------------------|
| | SMD B, die jeweils im Anschluss an die zugehörige Veranstaltung im Sommersemester bzw. im Wintersemester angeboten werden. Die Prüfungsergebnisse gehen im Verhältnis von 4/9 für SMD A und 5/9 für SMD B in die Modulnote ein. Die Prüfungsform (schriftlich oder mündlich) wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben. | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schriftlich oder mündlich bestehend aus zwei Teilleistungen | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Günstig: Programmierkenntnisse in einer geeigneten Sprache, z.B. Python; Empfohlen: Teilnahme an einem Toolbox-Workshop Die Teilnahme an SMD B setzt den Leistungsnachweis (Aktive Teilnahme an den Übungen) für SMD A voraus. | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen Physik (B.Sc./M.Sc) und Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode | Zuständige Fakultät Physik |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Physik und Technik der Verifikation von Rüstungsbegrenzungsverträgen (PHY524) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc., M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5.-6. Sem. B.Sc. 1.-4. Sem. M.Sc. | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

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

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | Blockkurs |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Aufbauend auf der Vorlesung "Statistische 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 | Prüfungen Prüfungsleistung: Schriftliche Modulprüfung (90min) oder mündliche Modulprüfung je nach Teilnehmerzahl | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schriftlich oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Erwünscht: Programmierkenntnisse in einer geeigneten Sprache (FORTRAN, C, JAVA, C++, o.ä.) | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Laserphysik (PHY526a) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr | Credits 5 | Aufwand 150 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 5 | 3 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung: Eigenschaften von Laserstrahlung, klassische und quantenmechanische Beschreibung der Licht-Materie-Wechselwirkung, Raten Gleichungen für optische Absorption und Emission. Laserphysik: Lichtverstärkung und Schwellenbedingung, Lasermedien und Pumpmechanismen, Laser-Resonatoren, Erzeugung kurzer und ultrakurzer Lichtimpulse Nichtlineare Optik: theoretische Grundlagen, optische Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, optisch parametrische Prozesse, Nichtlinearitäten dritter Ordnung: Zweiphotonen-Absorption, Selbstfokussierung | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Erzeugung von Laserstrahlung und der linearen und nichtlinearen Wechselwirkungsprozesse von Licht mit Materie. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Quantenphysik und Elektrodynamik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. M. Betz | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Laserphysik (PHY526b) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr | Credits 3 | Aufwand 150 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung: Eigenschaften von Laserstrahlung, klassische und quantenmechanische Beschreibung der Licht-Materie-Wechselwirkung, Raten Gleichungen für optische Absorption und Emission. Laserphysik: Lichtverstärkung und Schwellenbedingung, Lasermedien und Pumpmechanismen, Laser-Resonatoren, Erzeugung kurzer und ultrakurzer Lichtimpulse Nichtlineare Optik: theoretische Grundlagen, optische Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, optisch parametrische Prozesse, Nichtlinearitäten dritter Ordnung: Zweiphotonen-Absorption, Selbstfokussierung | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen Grundlagen der Erzeugung von Laserstrahlung und der linearen und nichtlinearen Wechselwirkungsprozesse von Licht mit Materie. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Quantenphysik und Elektrodynamik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. M. Betz | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Kernenergie und andere Energiefragen (PHY528) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.), Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc.), 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | |
|---|---|---|--------------------------------------|
| 1 | Modulstruktur: 2 SWS Seminar, Selbststudium und eigener Vortrag. | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlagen der Kern- und Reaktorphysik, Bautypen von Reaktoren, Aspekte der Reaktorsicherheit und Unfälle, Brennstoffkreislauf, Endlagerung und Reaktorrückbau, Energiespeicher, Aspekte anderer Energieformen, Energieversorgung. | | |
| 4 | Kompetenzen Das Seminar stellt eine Einführung in das Thema Kernenergie im Kontext der Energieversorgung dar. Es werden insbesondere verschiedene Aspekte der Reaktorphysik beleuchtet und miteinander in Verbindung gebracht. Die Einbettung des Themas in aktuelle Fragen stellt die Veranstaltungen auch in einen gesellschaftlichen Kontext. Es werden außerdem die selbstständige Recherche sowie Präsentationstechniken geschult. | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Seminarthema | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik I – IV | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | |
| 9 | <table> <tr> <td>Modulbeauftragte/r Prof. B. Spaan, Prof. C. Gößling</td> <td>Zuständige Fakultät Physik</td> </tr> </table> | Modulbeauftragte/r Prof. B. Spaan, Prof. C. Gößling | Zuständige Fakultät Physik |
| Modulbeauftragte/r Prof. B. Spaan, Prof. C. Gößling | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Teilchenphysik 1 (PHY529) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlagen der Teilchenphysik, Feynmangraphen, Starke und elektroschwache Wechselwirkung, Quark-Parton-Modell, CKM-Matrix und PMNS-Matrix, Detektoren, Schlüsselexperimente und -konzepte der Teilchenphysik, aktuelle Themen der experimentellen Teilchenphysik, Physik des LHC, z.B.: Physik mit Bottom- und Top-Quarks und Higgsbosonen, CP-Verletzung, seltene Zerfälle, Suchen nach neuer Physik, Dunkle Materie | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Vorlesung gibt eine ergänzende Einführung in die Konzepte und Grundlagen der Teilchenphysik, welche sich an dem parallel dazu stattfindenden Modul „Einführung in die Kern- und Teilchenphysik“ (PHY522) orientiert. Die dort vermittelten Grundlagen werden hier vertieft, um damit ein besseres Verständnis der modernen Teilchenphysik zu erzielen. Die Teilnehmer lernen anhand von konkreten Beispielen aktuelle Forschungsarbeiten in diesem Bereich der Physik kennen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: keine Benotete Modulprüfung: schriftlich (2h) oder mündlich je nach Teilnehmerzahl | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schriftlich oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik I – IV | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Vorlesung Magnetismus (PHY5210V) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr | Credits 6 | Aufwand 180 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar Magnetismus (PHY5210S) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr | Credits 3 | Aufwand 60 h |

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

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Materials for Nanoelectronics and High-Speed Quantum Electronic Devices (PHY5211) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc), 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 5 | Aufwand 150 h |

| | | | | | |
|----------|--|--|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung. Selbststudium und eigener Vortrag. | V S | 3 2 | 2 1 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Englisch oder Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte In der Vorlesung „ <i>Materialien für die Nanoelektronik und Hochgeschwindigkeits-Quantenelektronikbauelemente</i> “ werden die wesentlichen Grundlagen folgender Themen behandelt: 1.Überblick über die wichtigsten Materialsysteme und deren Anwendung in nanoelektronischen Bauelementen; 2.Transportmechanismen in Quantenelektronischen Bauelementen, wie resonanten Tunnelstrukturen; 3.Grundlagen und Anwendungen der Rauschspektroskopie; 4.Eigenschaften von Festkörperstrukturen in verschiedenen Dimensionen und Informationstechnologien; 5. Fortschrittliche Nanostrukturen auf Basis biokompatibler Materialien für Hochgeschwindigkeits-Biosensoren | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die Grundlagen der Nanotechnologie: Nanostrukturen, Mikro- und Nanoherstellung von Strukturen und deren Anwendungen. Die Studierenden lernen den Stand der Forschung in den Gebieten Anwendung von Rauschspektroskopie zur Erforschung der Transporteigenschaften von elektronischen Nanobauelementen. Die relevanten Konzepte des Forschungsgebiets werden dargestellt, methodisch untermauert und an Beispielen illustriert. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Einführung in die Quanten- und Festkörperphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor-oder Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. S.Vitusevich | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Literaturseminar Attosekundenmetrologie (PHY5214) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im WS oder SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5.–6. Sem. (B.Sc) 1.–4. Sem. (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

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

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Das Seminar behandelt die physikalischen Grundlagen der Photovoltaik. Neben diesen Grundlagen werden Methoden der Analytik und Optimierung photovoltaischer Systeme sowie der technischen Umsetzung diskutiert. Insbesondere für fachfremde Studierende werden auch Vorträge zu aktuellen, politisch diskutierten Themen wie intelligente Stromnetze angeboten. Konkret ist eine Behandlung folgender Themen angedacht: <ul style="list-style-type: none"> - optische Eigenschaften konventioneller Halbleiter - Dotierung, p-n- und p-i-n-Übergänge - solare Strahlung, Schottky-Queisser-Limit - Design realer Solarzellen, Optimierung des Füllfaktors - Multi-Junction-Solarzellen - Beschichtungen und Nanostrukturierung: Optimierung des Wirkungsgrads - Solarzellen aus organischen Halbleitern - neuartige Solarzellen: Dünnschichtsolarzellen, Perovskite - kommerzielle Aspekte der Photovoltaik - Herausforderungen und Chancen der Integration von Solarstrom in die bestehende Strom netzinfrastruktur | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden wenden die Konzepte der modernen Halbleiterphysik an, um die Wirkungsweise moderner Solarzellen und deren Optimierung zu verstehen. Diese Themen werden in den Kontext nachhaltiger Technologien und erneuerbarer Energieformen eingebettet. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: benoteter Seminarvortrag | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Für eine Reihe von Themen sind Grundkenntnisse in der Festkörperphysik (Einführung in die Festkörperphysik bzw. Struktur der Materie) erforderlich. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul in den Studiengängen der Fakultät Physik; Wahlmodul im Zertifikat Nachhaltigkeit | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Fakultät Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

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

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

Modul: Thermodynamik und Statistik (PHY531)**B.Sc.-Studiengang: Physik**

| Turnus: | Dauer: | Studienabschnitt: | Credits | Aufwand |
|----------------|---------------|--------------------------|----------------|----------------|
| jährlich im WS | 1 Semester | 5. Semester | 9 | 270 h |

| | | | | | |
|----------|---|---|------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Thermodynamik und Statistik | V | 6 | 4 |
| | 2 | Übungen zur Thermodynamik und Statistik | Ü | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, teilweise Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p><u>Literatur:</u> Landau-Lifschitz Bd.V; K. Huang: Statistical Mechanics. Vorlesungsskripte Dortmunder Dozenten.</p> | | | | |
| 4 | Kompetenzen <p>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.</p> | | | | |

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

Modul: Gruppentheorie in der Physik I (PHY533)**B.Sc.-Studiengang: Physik, M.Sc.-Studiengang Physik**

| | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Turnus: zweijährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5.-6. Sem. (B.Sc.) 1.-3. Sem (M.Sc.) | Credits 6 | Aufwand 180 h |
|------------------------------|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 6 | 2 + 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <p>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 ($SU(6)$).</p> <p><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.</p> | | | | |
| 4 | Kompetenzen <p>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.</p> | | | | |
| 5 | Prüfungen <p>Klausur (120 min) oder mündliche Modulprüfung (30 min)</p> | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung</p> | | | | |

| | | |
|----------|---|----------------------------|
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen | |
| | Kenntnisse aus Physik IV empfohlen | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls | |
| | Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder 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: nach Bedarf | Dauer: Blockkurs | Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc), 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 60 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 22 h Block |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: English | | | | |
| 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. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Quantenmechanik, 50% der Punkte bei den Uebungsaufgaben | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Blümlein | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Kosmologie, Quantenkosmologie, Gravitationswellen (PHY535) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc), 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 9 | Aufwand 270 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V + Ü | 9 | 4+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 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Quantenphysik, Thermodynamik und Statistik, KET, Allgemeine Relativitätstheorie | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. H. Päs | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Physik und Philosophie der Zeit (PHY536) | | | | |
| Studiengang: Physik und Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc), 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|---|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Philosophie der Zeit: Zeit als kulturelles Phänomen, Platon, Aristoteles, Augustinus, Leibniz, Newton, Kant Zeit in der modernen Physik: Thermodynamik, Relativitätstheorie, Quantenmechanik, Quantenkosmologie, Neurologie und Psychologie der Zeitwahrnehmung | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die Problematik ein fundamentales Konzept wie die Zeit zu definieren und lernen im Dialog mit der Philosophie, physikalische Zeitbegriffe zu hinterfragen, reflektieren und besser zu verstehen sowie offene Fragen zu identifizieren. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Physik 1+2 | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. H. Päs (in Kooperation mit Prof. B. Falkenburg) | | Zuständige Fakultät Physik (in Kooperation mit Philosophie) | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Gruppentheorie in der Physik II (PHY537) | | | | |
| B.Sc.-Studiengang: Physik, M.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: zweijährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5.-6. Sem. (B.Sc) 1.-3. Sem (M.Sc) | Credits 5 | Aufwand 150 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 5 | 2 + 1 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Unendlichdimensionale Lie-Gruppen, konforme Abbildungen in $d=2$ und $d=4$. Die Virasoroalgebra, zentrale Erweiterung von Algebren. Die Rolle des Energie -Impulstensors, Conformal Towers. Berechnung der Korrelationen im Rahmen von konformen Feldtheorien. Kritische Exponenten. Minimale Modelle. Literatur: Di Francesco, Pierre Mathieu, David Sénéchal Conformal Field Theory, Springer Fradkin, Palchik. Conformal Quantum Field Theory in D-dimensions, Springer | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden lernen, wie das grundlegende Konzept der konformen Abbildungen in verschiedenen Bereichen der theoretischen Physik Anwendung findet. Sie lernen, den Zusammenhang zu den bereits aus der Thermodynamik bekannten Skalengesetzen und den Umgang mit unendlichdimensionalen Liegruppen und deren Erweiterungen. Sie lernen neue Formen möglicher Symmetrien kennen, die sowohl in der Theorie der Elementarteilchen als auch in der Thermodynamik von Bedeutung sind. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus der Gruppentheorie in der Physik I, aus der Elementarteilchentheorie und aus der Thermodynamik und Statistik. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder im Masterstudiengang Physik. | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte(r) Ute Löw | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Gruppentheorie in der Festkörperphysik (PHY538) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5.-6. Sem. (B.Sc) 1.-3. Sem. (M.Sc) | Credits 6 | Aufwand 180 h |

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

| | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Modul: Bachelorarbeit (PHY611) | | | | |
| B.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem | Credits 10 | Aufwand 300 h |
| 1 | Modulstruktur Betreute wissenschaftliche Arbeit | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | |
| 3 | Lehrinhalte Bearbeitung einer aktuellen wissenschaftlichen Problemstellung der experimentellen oder theoretischen Physik in einem internationalen Forschungsumfeld. Literatur: Monographien, Übersichtsartikel und Originalveröffentlichungen zur jeweiligen wissenschaftlichen Problemstellung. | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden können sich in ein aktuelles wissenschaftliches Thema einarbeiten, ein Teilprojekt unter Anleitung bearbeiten, die Ergebnisse schriftlich dokumentieren, in einem Seminarvortrag darüber referieren und eine anschließende wissenschaftliche Diskussion darüber führen. Sie lernen so die Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens kennen und entwickeln neben der Fachkompetenz auch ihre Methodenkompetenz bei der Literaturrecherche, dem Medieneinsatz, der Umsetzung von Fachwissen und dem wissenschaftlichen Schreiben sowie ihre Präsentationstechniken und die Fähigkeit zur Diskussionsführung weiter. | | | |
| 5 | Prüfungen Bachelorarbeit mit Präsentation: Die Bachelorarbeit soll einen Umfang von 25 Seiten nicht überschreiten. Die Bearbeitungszeit der Bachelorarbeit beträgt drei Monate. Der Inhalt der Bachelorarbeit ist in einem halbstündigen hochschulöffentlichen Vortrag mit anschließender wissenschaftlicher Diskussion (etwa 15 Minuten) zu präsentieren. 2 benotete Teilleistungen: Begutachtung der Bachelorarbeit und des Vortrags hinsichtlich Inhalt und Form | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input type="checkbox"/> Modulprüfung: <input checked="" type="checkbox"/> Teilleistungen: Bachelorarbeit und Vortrag | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Mindestens 135 erworbene Credit Points im Bachelorstudiengang, darunter die Module Physik I-IV, Höhere Mathematik I-III und Experimentelle Übungen I | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik. | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Elektronik (PHY621) | | | | |
| B.Sc.-Studiengang: Physik, M.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: B.Sc.: 6. Sem. M.Sc.: 2. Sem. | Credits 8 | Aufwand 240 h |

| | |
|----------|--|
| 1 | Modulstruktur 3 SWS Vorlesung, 2 SWS Übung. Vorlesung und Selbststudium, die Übung besteht aus einem theoretischen und praktischen Teil. |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch |
| 3 | Lehrinhalte Grundlegende Eigenschaften von elektrischen und elektronischen Bauelementen, Methoden zur Messaufnahme Verhalten und Kennlinie einer Diode, Kleinsignalverhalten und Grenzdaten des Betriebs, Statisches und dynamisches Verhalten im Modell, Anwendungen mit speziellen Dioden; Kennlinien, Arbeitspunkt und Kleinsignalverhalten von Bipolartransistoren, Grundsaltungen mit Dioden und Bipolartransistoren, Kennlinien, Grenzdaten und Arbeitspunkt von Feldeffekttransistoren, Source-, Gate- und Drainschaltungen; Verstärker: Stromquellen, Stromspiegel, Differenzverstärker, Arbeitspunkt, Operationsverstärker, Prinzip der Gegenkopplung, typische Anwendungen von Operationsverstärkern; Kippschaltungen, Einsatz von Gattern, Komparatoren, Schmitt-Trigger, Digitaltechnik Grundlagen: logische Grundfunktionen, abgeleitete Grundfunktionen; Schaltnetze: Zahlendarstellung, Addierer. Anwendungen: Impedanzkonverter, Filter, Stromversorgungen, Messschaltungen, Sensorik Literatur: Tietze/Schenk, <i>Halbleiterschaltungstechnik</i> , K.H. Rohe: <i>Elektronik für Physiker</i> , P.Horowitz /W.Hill: <i>The Art of Electronics</i> , R. Heinemann: <i>PSPICE, Einführung in die Elektroniksimulation</i> |
| 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 Sozialkompetenzen in Zweiergruppen aus. Hierzu realisieren Sie Schaltungen und Standardmessaufbauten in teilweiser gruppenübergreifender Kleingruppenarbeit im Team. |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Hausaufgaben und praktische Realisierung in den Übungen Modulprüfung: Benotete Klausur (180min) |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik I-IV, Experimentelle Übungen I/II, Festkörperphysik |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik |
| | Zuständige Fakultät Physik |

Modul: Einführung in die Medizinphysik (PHY622)

(ab SS 2012 ersetzt durch Medizinphysik I aus dem Studiengang Medizinphysik, (8 LP))

B.Sc.-Studiengang: Physik, M.Sc.-Studiengang: Physik

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

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 8 | 3 + 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Physikalische Grundlagen und Techniken für die Medizin Das Modul umfasst 3 Bereiche: <ul style="list-style-type: none"> - Physik des Lebens Grundlagen für das Verständnis von medizinisch relevanten Vorgängen wie z.B. Blutkreislauf, Atmung, Biomechanik, Ohr, Auge - Physikalische Techniken für die Diagnostik Schwergewicht bildgebende Techniken wie Röntgenbildgebung, Kernspintomographie, Ultraschall, Positron-Emissionstomographie, Magnetische und elektrische Quellen - Physikalische Methoden für die Therapie Ionisierende Strahlung, Strahlenschutz, Laser in der Medizin Literatur: Medizinische Physik, Band 1-3: J. Bille, W. Schlegel (Hrsg.). Biophysics: R. Glaser. Biophysik: W. Hoppe, W. Lohmann, H. Markl, H. Ziegler (Hrsg.). Bildgebende Verfahren in der Medizin: O. Dössel. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden kennen die physikalischen Phänomene, welche bei medizinischen Untersuchungen und Methoden von besonderer Relevanz sind. Sie lernen die wichtigsten Untersuchungstechniken und therapeutischen Methoden für die medizinische Praxis kennen. | | | | |
| 5 | Prüfunen Studienleistungen: Hausaufgaben. Modulprüfung: Benotete Klausur (180min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik I-IV | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragter Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| Modul: Magnetische Resonanz (PHY623) | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| B.Sc.-Studiengang: Physik, Medizinphysik; M.Sc.-Studiengang: Physik, Medizinphysik | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: B.Sc.: 6. Sem. M.Sc.: 2. Sem. | Credits 5 | Aufwand 150 h |

| | | | |
|---|--|---|--------------------------------------|
| 1 | Modulstruktur 3 SWS Vorlesung, fakultativ Übung. Möglichkeit der praktischen Ergänzung durch Laborexperimente | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlagen und Anwendungen der magnetischen Resonanz, d.h.: Klassische und quantenmechanische Beschreibung der wichtigsten Wechselwirkungen; Manipulation und zeitliche Entwicklung von Spinsystemen; bildgebende Verfahren; experimentelle Implementierung: Spektrometer, Messtechnik; Anwendungen mit Bezug zur Untersuchung von Struktur und Dynamik harter sowie weicher Materie; insbesondere die Anwendungen aus dem materialwissenschaftlichen und medizinphysikalischen Bereich sollen an die Zuhörer angepasst werden. Literatur: Slichter: Principles of magnetic resonance, Levitt: Spin dynamics, Schweiger, Jeschke: Principles of Pulse Electron Paramagnetic Resonance | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden gewinnen einen Überblick über verschiedene Gebiete der Magnetresonanz und kennen die wichtigsten Methoden und die Bandbreite der grundlegenden Anwendungen. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, die Originalliteratur mit Gewinn zu lesen und sie können einfache Rechnungen zur Spindynamik selbstständig durchführen. | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: fakultativ Hausaufgaben. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik I-IV | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder Masterstudiengang Physik | | |
| 9 | <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Modulbeauftragter Dekan/in Physik</td> <td style="width: 50%;">Zuständige Fakultät Physik</td> </tr> </table> | Modulbeauftragter Dekan/in Physik | Zuständige Fakultät Physik |
| Modulbeauftragter Dekan/in Physik | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Spezielle Themen der experimentellen Teilchenphysik (PHY624) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem (B.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Spezielle Themen der experimentellen Teilchenphysik mit wechselnden Schwerpunkten. Diese können z.B. Aspekte der Hadron-Collider-Physik, der Physik jenseits des Standardmodells oder der Flavorphysik sein. | | | | |
| 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 werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Fachvortrag | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Bachelor Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in der Fakultät Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Physik und Technologie von Halbleiter-Nanostrukturen (PHY625) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 1. Grundlagen der Halbleiterphysik: Materialien, physikalische und elektronische Eigenschaften, Nanostrukturen 2. Herstellung, Charakterisierung und elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen 3. Transportphänomene Leitfähigkeit, Tunnelprozesse, hochbewegliche Systeme, Quanten-Hall-Effekt 4. Optische Eigenschaften Inter- und Intradband- Übergänge, Exzitonen in Quantendrähten und Quantenpunkten 5. 2D-Materialien: Spezifische Aspekte von Monolagen-Halbleitern (Graphen, TMDs) | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die physikalischen und technologischen Grundlagen moderner Halbleiter-Nanostrukturen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Festkörperphysik (z.B. Modul Einführung in die Festkörperphysik oder Struktur der Materie) | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. M. Betz | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| Modul: Maschinelles Lernen für Physiker*innen (PHY626) | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.), Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc) 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 4 | Aufwand 120 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: 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 / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrver-nstaltungssprache: Deutsch/Englisch | | | | |
| 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), Rastertunnelmikroskopie (STM), Rastetunnelspektroskopie (STS), Rasterkraftmikroskopie (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 | Prüfungen Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30 min + 15 min Diskussion) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Physik I- IV, Festkörperphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang oder im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. C. Westphal | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Fortgeschrittene nichtlineare spektroskopische Methoden in der Festkörperphysik (PHY628) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Lineare licht-Materie Wechselwirkung: elektrische Polarisierung, dielektrischer Tensor, lineare Optik, lineare Magneto-Optik in magnetischen Materialien (Metalle und Isolatoren), Drude Modell, Lorentz Modell Optik der Metalle: freie- Elektronen Modell, Plasmonen Optik der Isolatoren und Halbleiter: direkte und indirekte Übergänge, Exzitonen, Nichtlineare Optik: nichtlineare elektrische Polarisierung, 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 Materialklassen. Das Verständnis von traditionellen und modernen spektroskopischen Methoden wird dabei durch direkten Beispielen ergänzt. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündliche Prüfung <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Grundkenntnisse Festkörperphysik und Elektromagnetismus | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang oder im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dr. Davide Bossini, Dr. Dima Yakovlev | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Angewandte Dosimetrie (PHY629) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc) | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Methoden der klinischen Forschung (PHY6210) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Medizinphysik (B.Sc, M.Sc) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc) | Credits 5 | Aufwand 150 h |

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

| Modul: Anwendungen des Maschinellen Lernens in der Medizinphysik (PHY6211) | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Studiengang: Medizinphysik (M.Sc., B.Sc.), Physik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Studienjahr (B.Sc) 1. Studienjahr (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | |
|---|---|---|--------------------------------------|
| 1 | Modulstruktur 2 SWS Seminar | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache Deutsch oder Englisch | | |
| 3 | <p>Lehrinhalte</p> <p>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 Medizinerinnen 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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> | | |
| 4 | <p>Kompetenzen</p> <p>Die Teilnehmer bekommen einen Überblick über aktuellen Themen der Medizin, in denen moderne Methoden des maschinellen Lernens eingesetzt werden. Sie erlernen ein wissenschaftliches Thema zu recherchieren und in einem verständlichen Vortrag einem Publikum zu präsentieren. Zusätzlich bekommen Sie Einblicke wie moderne Algorithmen des maschinellen Lernens funktionieren.</p> | | |
| 5 | <p>Prüfungen</p> <p>Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen in den Seminarstunden</p> <p>Modulprüfung: Benoteter, eigenständig recherchierter und herausgearbeiteter Seminarvortrag</p> | | |
| 6 | <p>Prüfungsformen und -leistungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Modulprüfung: Benoteter Seminarvortrag | | |
| 7 | <p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>Grundkenntnisse in der Medizinphysik, wünschenswert ist die Vorlesung 'Statistische Methoden der Datenanalyse'</p> | | |
| 8 | <p>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls</p> <p>Wahlmodul</p> | | |
| 9 | <table border="1"> <tr> <td>Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik</td> <td>Zuständige Fakultät Physik</td> </tr> </table> | Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik | Zuständige Fakultät Physik |
| Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Superconductivity (PHY6212) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: Jährlich zum SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 2. Semester (Master) 6. Semester (Bachelor) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: English | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Fundamental Properties of Superconductors: vanishing of electrical resistance, perfect diamagnetism, flux quantization, quantum interference Superconducting materials: superconducting elements, alloys, MgB ₂ , heavy-fermion superconductors, high- <i>T_c</i> copper oxides, iron-based superconductors, organic superconductors Cooper pairing: Bardeen-Cooper-Schrieffer theory, conventional superconductivity, unconventional superconductivity, energy gap, electromagnetic response Thermodynamics: Ginzburg-Landau theory, Type-I superconductors in a magnetic field, Type-II superconductors in a magnetic field, fluctuations above <i>T_c</i> , states outside thermodynamic equilibrium Applications of superconductors Literature: Reinhold Kleiner and Werner Buckel, <i>Superconductivity: An Introduction</i> (Wiley-VCH) Michael Tinkham, <i>Introduction to Superconductivity</i> (Dover) James. F. Annett, <i>Superconductivity, Superfluids and Condensates</i> (Oxford) Terry R Orlando, Kevin A. Delin, <i>Foundations of Applied Superconductivity</i> (Addison-Wesley) | | | | |
| 4 | Kompetenzen The discovery of superconductivity is one of the most prominent scientific achievements over the past century. A significant collection of unexpected and surprising new phenomena was revealed by the study of superconductivity, which greatly enriched our knowledge of quantum mechanics. This course will provide an overview of superconductivity and superconducting materials, based on the preliminary knowledge of solid state physics and quantum mechanics. Besides the fundamental properties of superconductivity, the lectures will also cover selected topics of the contemporary research. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in Festkörperphysik und Quantenmechanik. Bachelorstudierende müssen das Modul PHY521 „Einführung in die Festkörperphysik“ absolviert haben. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul vorrangig im Masterstudiengang Physik, aber auch im Bachelorstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. Zhe Wang | | Zuständige Fakultät Physik | | |

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

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

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

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 6 | 3 + 1 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte i) Thermodynamik, Phasenumwandlungen und kritische Phänomene in der Biologie. Rolle der Fluktuationen, Landau-Ginzburg, Verbindung zu allen anderen Gebieten ii) Mechanik der Zelle: Elastizität von Schalen, Helfrich-Theorie, Benetzung, Zelladhesion nach Sackmann, Abknospung Linienspannung. iii) Elektrostatik an Biopolymeren und Membranen: Poisson-Boltzmann, Gouy Chapmann, Kopplung zu Phasenumwandlungen iv) Polymertheorie: Gauss und Flory Kette, Dynamik (Rousse und Zimm), De Gennes, Reptation, Semiflexible Polymer v) Viskoelastizitätstheorie von Biopolymernetzwerken/Zytoskelet. Affine Netze, Skalenargumente, Rubber-Plateau, Dynamik und Elastizität vi) Leben bei kleinen Reynoldszahlen. Mikrowimmer, Reversibilität, Slender Body Theorie (Spermien, Bakterien, Pantoffeltierchen, Lunge,...) vii) Nicht-lineare Phänomene. (gekoppelte) Nichtlineare Oszillatoren (Hören), Solitonen, Anwendung Nerven, Herz... viii) Evolutionstheorie | | | | |
| 4 | Kompetenzen Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> • können Studierende physikalische Konzepte der Hydrodynamik, Elastizitätstheorie, Thermodynamik/Statistik und Elektrodynamik interdisziplinär auf Fragestellung der Biologischen und Medizinischen Physik (v.a.) auf mesoskopischer und makroskopischen Skala anwenden. • haben Studierende in den Übungen gelernt, Probleme aus dem interdisziplinären Themenbereich biologische Physik und Physiologie eigenständig als physikalisches Problem zu erfassen, zu lösen und in der Gruppe zu diskutieren. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistung: Übungsaufgaben. Modulprüfung: Benotete Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Physik I-III oder äquivalent | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor-/Masterstudiengang Physik und Bachelorstudiengang Medizinphysik M.Sc Medizinphysik: siehe Modulhandbuch | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. M. Schneider | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Höhere Quantenmechanik (PHY631) | | | | |
| Studiengang: B.Sc. und M.Sc. Physik; B.Sc. und M.Sc. Medizinphysik | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Semester | Credits 6 | Aufwand 180 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Computational Physics (PHY632) | | | | |
| Studiengang: B.Sc. und M.Sc. Physik; B.Sc. und M.Sc. Medizinphysik | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc) | Credits 9 | Aufwand 270 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Theorie Weicher und biologischer Materie (PHY633) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc), Master Medizinphysik | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem. (M.Sc) | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 6 | 3 + 1 |
| 2 | Lehrveranstaltungs-sprache: 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 konstanter 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 | Kompetenzen Die 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. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Physik I-IV sowie Thermodynamik und Statistik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Kierfeld | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Allgemeine Relativitätstheorie (PHY634) | | | | |
| B.Sc.-Studiengang Physik und Medizinphysik, M.Sc.-Studiengang Physik und Medizinphysik | | | | |
| Turnus: ein- bis zweijährig im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem (M.Sc) | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 6 | 3 + 1 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Wiederholung Spezielle Relativitätstheorie, Prinzipien der Allgemeinen Relativitätstheorie, Bezugssysteme und Äquivalenzprinzip, Tensorkalkül und Geometrie in gekrümmten Räumen, Gravitation und Einsteinsche Feldgleichungen, Tests der allgemeinen Relativitätstheorie, Schwarzschildmetrik, Sternmodelle, Schwarze Löcher, Gravitationswellen, Ausblick auf Kosmologie und Quantengravitation Literatur: S.M. Carroll: Spacetime and Geometry: Introduction to General Relativity und andere in der Vorlesung angegebene | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden lernen, wie man die Raum-Zeit-Struktur gekrümmter Räume mathematisch beschreibt; sie erwerben eine vertiefte Einsicht in die Physik der Gravitation und ihre Beziehung zur Struktur der Raumzeit; sie lernen exemplarisch, wie sich aus allgemeinen Prinzipien und Postulaten eine Theorie mit meßbaren Konsequenzen herausbildet; sie entwickeln und üben die notwendigen Techniken, um den Formalismus der Allgemeinen Relativitätstheorie auf konkrete Probleme in Astrophysik und Kosmologie anzuwenden. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistung: Hausaufgaben Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (120 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich oder Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Physik I-III | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder im Masterstudiengang Physik. | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|---|---|--------------------------------------|---|
| Modul: Fortgeschrittenenpraktikum (Bachelor) (PHY641) | | | | |
| B.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Semester | Credits 6 | Aufwand 180h, davon 60,5 h Präsenz und Prüfungen |
| 1 | Modulstruktur 4 SWS, Praktikum; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrenen Wissenschaftlern betreut. | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | |
| 3 | Lehrinhalte Physikalische Experimente und Messmethoden: Es werden die von den Studierenden erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten aus den „Experimentellen Übungen für Physiker I + II“ vertieft und im Hinblick auf aktuelle Techniken erweitert. Neben weiterführenden Versuchen zur Elementarteilchen-, Kern-, Atom- und Festkörperphysik wird auch tiefer in die Forschungsrichtung des Fachbereichs eingeführt, so können z.B. einzelne Versuche an den Lehrstühlen durchgeführt werden. 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 (englischer) Fachzeitschriften gelernt wird. Die Inhalte der Vorlesungen „Einführung in die Kern- und Teilchenphysik“ sowie „Einführung in die Festkörperphysik“ werden vorausgesetzt. Literatur: Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt. Zusätzliche Literatur ist jedoch für das Verständnis erforderlich, u.a. Bergmann, Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik 1-6 (Walter de Gruyter 1990) Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer 1994) Thorne, Litzen, Johansson, Spectrophysics (Springer 1999) | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Experimente eigenständig zu verstehen, durchzuführen, zu analysieren und den Sachverhalt wissenschaftlich darzustellen. Sie haben gelernt mit englischsprachlicher Literatur zu arbeiten, sowie aus verschiedenen Messtechniken bzw. Analysemethoden eine geeignete Methode auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden sind mit computergestützter Messdatenerfassung und Experimentiersteuerung vertraut. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren. | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Modulprüfung: Benotetes Abschlusskolloquium (30 min). | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Modul PHY341/441 | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik | | | |
| 9 | Modulbeauftragter Spaan | | Zuständige Fakultät Physik | |
| | Lehrende Alle Lehrenden der Experimentalphysik | | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|----------------------|-------------------------|
| 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 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | 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 | Prüfungen Studienleistungen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben, aktive Teilnahme an den Übungen, ein Seminarvortrag (20-30 min) Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in klassischer Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Programmierkenntnisse werden nicht vorausgesetzt. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Physik (Spezialisierungsmodul) Nicht kombinierbar mit PHY712 oder PHY812 | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

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

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

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: 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 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 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 | Prüfungen Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30min + 15min Diskussion) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 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 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Kierfeld, Prof. M. Tolan | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-------------------------------|---|---------------------|---------------------------|
| Module: Master module Molecular simulation of soft matter and biological materials (PHY714) | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | |
| Frequency Winter semester | Duration 1 Semester | Semester First or second sem. | Credits 6 | Work load 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|--|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Lecture with practical course (exercise) | L+E | 6 | 3+1 |
| 2 | Language: English | | | | |
| 3 | Content Applications in relevant molecular systems: - Biological soft matter: Proteins and lipid membranes. - Industrial materials: Polymers, metals, surfactants and graphene. 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 integration, umbrella sampling, strings methods. Non-equilibrium thermodynamics: Jarzynski Equation and Crooks Theorem | | | | |
| 4 | Learning outcome Students learn to apply modern computer methods (from the fields of statistical physics, mechanics) to molecular systems of soft matter and biological physics in an interdisciplinary manner. The power and relevance of these methods are demonstrated using exciting examples from the scientific literature. In the exercises, students learn to translate problems from the interdisciplinary subject area of soft matter into a computational-physical problem, to address them and to discuss them in the group. | | | | |
| 5 | Coursework and examination requirements Course work: Practical exercises Module exam: Graded written exam (120min) or oral exam (30 min), will be announced at the beginning of the course. | | | | |
| 6 | Examination <input checked="" type="checkbox"/> Module examination: written or oral exam <input type="checkbox"/> Partial performance | | | | |
| 7 | Prerequisites Physics I-IV as well as Thermodynamics and Statistics | | | | |
| 8 | Module type Elective module | | | | |
| 9 | Responsible Prof. H. J. Risselada | | Organization Department of Physics | | |

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

M.Sc.-Studiengang Physik

| | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Semester | Credits 3 | Aufwand 90 h |
|----------------------------------|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch/Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Das Seminar 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 Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben /bereitgestellt. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden lernen den Stand der Forschung in den Gebieten Nutzung von Synchrotronstrahlung zum Studium von Ober- und Grenzflächen sowie aus dem Gebiet der Tunnelmikroskopie und –spektroskopie sowie der Clusterphysik kennen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistung: 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Vertiefte Kenntnisse in Festkörperphysik und Oberflächenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte(r) Dekan(in) Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Seminar: Schlüsselexperimente in der Teilchenphysik (PHY723) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. Physik | | | | |
| Turnus: jährlich | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 4 | Aufwand 120 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 4 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 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 | Prüfungen Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Fachvortrag und Anfertigung einer schriftlichen Zusammenfassung des gesamten Kurses. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input type="checkbox"/> Modulprüfung: <input checked="" type="checkbox"/> Teilleistungen: eigener Vortrag und schriftliche Zusammenfassung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in der Fakultät Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Messmethoden in der Oberflächenphysik (PHY724) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: M.Sc.:1. Sem. | Credits 6 | Aufwand 180 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Introduction to Optical Properties of Solids (PHY725) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc./M.Sc.), Medizinphysik (B.Sc./M.Sc.) | | | | |
| Turnus: unregelmäßig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3./4. Studienjahr | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

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

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

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

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Atomar aufgelöste Oberflächen- und Grenzflächenanalyse (PHY727) | | | | |
| Studiengänge Physik B.Sc. und M.Sc.; und Medizinphysik B.Sc. und M.Sc. | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5.-6. Sem (B.Sc) 1.-3. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Festkörperspektroskopie (PHY728) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem. M.Sc. | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Laser – Arten und Anwendungen (PHY729) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik | | | | |
| Turnus: jährlich | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem. M.Sc. | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Teilchen- und Astroteilchenphysik (PHY7210) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem. M.Sc. | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 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 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Vorkenntnisse aus dem Modul „Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik“ (PHY522) | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte(r) Dekan(in) Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Neutrino- und Gammaastronomie (PHY7211) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Teilchenphysikalische Aspekte Kosmischer Strahlung (PHY7212) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: fakultativ | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Im Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der Kosmischen Strahlung und benachbarter Gebiete behandelt. Besonderes Augenmerk liegt auf Teilchenphysikalischen Aspekten. <u>Literatur:</u> wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Elementarteilchenphysik sowie Astroteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Moderne Optik (PHY7213) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik; M.Sc. (und B.Sc.) Medizinphysik | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-3. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Neuartige methodische Entwicklungen zur Kontrolle des Lichtfelds und moderne optische Verfahren zur Spektroskopie und Bildgebung und ihre Anwendung in der Grundlagenforschung, der Materialwissenschaft und der Medizinphysik. Literatur: wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekanntgegeben/bereitgestellt. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden lernen aktuelle optische Verfahren und Anwendungen kennen. Die Studierenden erarbeiten sich anhand der Originalliteratur ein abgegrenztes Forschungsthema und arbeiten es für eine Präsentation auf. Der vorgeschriebene eigene Vortrag schult Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion erlernen die Studierenden wissenschaftliche Diskussionstechniken. Die Breite der Themen gewährt den Studierenden einen Überblick über die Nutzung optischer Verfahren sowohl in der Forschung als auch für industrielle Anwendungen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Thema aus der aktuellen Forschung. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Vorkenntnisse aus Festkörperphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Quantenoptik (PHY7214) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-3. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Quantisierung des Lichtfelds, diskrete Variablen, Photonenstatistik, Korrelationsfunktionen und Fockzustände, kontinuierliche Variablen, Wignerfunktionen und Squeezed Light, Licht-Materie-Wechselwirkung, Rotating-Wave-Approximation, Cavity-Quantenelektrodynamik, Jaynes-Cummings-Modell und Rabioszillationen, Mollowtripllett und Resonanzfluoreszenz, schwache Messungen, Verschränkung, Kausalität und der Delayed Choice Quantum Eraser <u>Literatur:</u> Mandel/Wolf: Optical Coherence and Quantum Optics, Scully/Zubairy: Quantum Optics, Walls/Milburn: Quantum Optics, W. Schleich: Quantum Optics in Phase Space | | | | |
| 4 | Kompetenzen 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 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Modulprüfung (30 min). | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus Physik I-IV und höherer Quantenmechanik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Lesekurs zur Teilchenphysik (PHY7215) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 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 | Prüfungen Studienleistungen: schriftliche Zusammenfassungen der Diskussionen. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Radioastronomie (PHY7217) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: jedes WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Im Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der Radioastronomie behandelt. <u>Literatur:</u> wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Elementarteilchenphysik sowie Astroteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Kosmische Strahlung (PHY7218) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: fakultativ | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte: Im Seminar werden Teilgebiete der Forschung auf dem Gebiet der Kosmischen Strahlung und benachbarter Gebiete behandelt. <u>Literatur:</u> wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Elementarteilchenphysik sowie Astroteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. W. Rhode | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|--------------------------|--|----------------------|-------------------------|
| Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 1a, Angewandte Spektrometrie (PHY7219a) | | | | |
| Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik | | | | |
| Turnus: 2-jährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem. | Credits: 3 | Aufwand: 90 h |

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

| | | | | |
|--|--------------------------|--|----------------------|-------------------------|
| Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 2a, Angewandte Plasmaphysik (PHY7220a) | | | | |
| Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik | | | | |
| Turnus: 2-jährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem. | Credits: 3 | Aufwand: 90 h |

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

| | | | | |
|--|--------------------------|--|----------------------|-------------------------|
| Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 3a, Angewandte Laserspektrometrie (PHY7221a) | | | | |
| Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik | | | | |
| Turnus: 2-jährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem. | Credits: 3 | Aufwand: 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|---|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung Angewandte Laserspektrometrie | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Methoden der modernen Analytik (mit Vertiefung der spektroskopischen Methoden): Der Laser als spektroskopisches Instrument; Absorptionen, 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse Physik IV | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik und Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragter Priv.-Doz. Dr. J. Franzke | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|--------------------------|--|--------------------------|--|
| Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 1b, Angewandte Spektrometrie (PHY7219b) | | | | |
| Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik | | | | |
| Turnus: 2-jährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem. | Credits: 3 + 2 | Aufwand: (90 + 60) h = 150 h |

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

| | | | | |
|--|--------------------------|--|--------------------------|---|
| Modul: Physikalisch-Chemische Analytik 2b, Angewandte Plasmaphysik (PHY7220b) | | | | |
| Bachelor- und Master-Studiengang: Physik und Medizinphysik | | | | |
| Turnus: 2-jährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: B.Sc.: ab 5. Sem. M.Sc.: ab 1. Sem. | Credits: 3 + 2 | Aufwand: (90 + 60) h = 150 h |

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

| | | | | |
|--|-------------------------------|---|-----------------------|------------------------------|
| Module: Magnetism II (PHY7222) | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | |
| Frequency By the semester | Duration 1 Semester | Semester First or second sem. | Credits 3/6 | Work load 90/180 h |

| | | | | | |
|----------|--|-------------------------|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Lecture | Lec | 3 | 2 |
| | 2 | Optional: seminar | Sem | 3 | 2 |
| 2 | Language: English | | | | |
| 3 | Content The lecture covers advance topics in magnetism. In particular, focus will be put on the three following themes: Hybrid molecular interfaces for optoelectronics and spin-electronics: basic concepts of surface science, physisorption and chemisorption of molecules on metallic surfaces, the concept of a spinterface, active molecular spinterfaces. Rashba systems: two-dimensional electron systems, Rashba splitting, Rashba systems for spintronics applications. Topological insulators: topology in material science, topological insulators. The seminar focuses on groundbreaking experiments related to the fields of research discussed in the lecture. | | | | |
| 4 | Learning outcome This course starts from the fundamentals on magnetism that are discussed in the magnetism lecture and applies them to modern topics in condensed matter physics. The students will acquire a deep insight on different topics that are currently in the focus of intense research in the magnetism community. This course is basically intended as a preparatory course for students who want to pursue a PhD in a topic related to magnetism, surface science and solid state physics. In the seminar, the students acquire skills for the critical reading of the literature and improve their presentation techniques. | | | | |
| 5 | Examination Module examination (lecture) or module component examinations (lecture and seminar) | | | | |
| 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. | | | | |
| 7 | Prerequisites Basic knowledge in quantum mechanics, solid state physics and magnetism | | | | |
| 8 | Module type Elective module | | | | |
| 9 | Responsible Prof. Mirko Cinchetti | | Organization Department of Physics | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Informationstechnologie der Zukunft (PHY7224) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 4./5. Studienjahr | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 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 diskutieren, die aus den Forschungsfeldern der Spinorbitronik, des Optomagnetismus und der Oxidelektronik entstanden sind. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Das Seminar stellt eine Einführung in die physikalischen Grundlagen und elektronischen Funktionalitäten von magnetischen Phänomenen im Bereich der Informationstechnologie. Es werden fundamentale Aspekte wie auch aktuelle Entwicklungen im Bereich der Spinelektronik, Orbitronik und Oxitronic diskutiert. Desweiteren werden die selbständige Recherche und angemessene Präsentationstechnik geschult. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem Seminarthema (30-45min + Diskussion) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Festkörperphysik, Magnetismus und Quantenmechanik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. M. Cinchetti, Prof. M. Müller | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Tandem-Projekte in der Teilchenphysik (PHY7225) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich | Dauer: 2 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Projektarbeit | AG | 3 | 2 |
| | 2 | Sommerschule / Blockkurs | VL | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Die Teilnehmenden arbeiten im ersten Teil der Veranstaltung an einem wissenschaftlichen Projekt. Die Bearbeitung geschieht dabei in Gruppen von zwei bis drei Studierenden aus anderen Hochschulen, z.B. Bologna oder Clermont. Die Themen stammen dabei aus der Teilchenphysik. Im zweiten Teil der Veranstaltung besuchen die Teilnehmer eine dafür einwöchige internationale Sommerschule (BCD-Sommerschule in Cargese/Korsika). Dort bekommen die Teilnehmenden einen Überblick zu grundlegenden und aktuellen Themen der Teilchenphysik und stellen ihre Projektarbeiten in einem Vortrag vor. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden sollen in dem Themengebiet der Veranstaltung vertiefende Aspekte der Teilchenphysik erlernen. Im Vordergrund steht dabei die universitäts- und länderübergreifende Arbeit in kleinen Gruppen. Geschult werden sollen auch Präsentations- und Diskussionstechniken. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistung: Projektvortrag. Modulprüfung: Benoteter Abschlussbericht | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Abschlussbericht <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. Kevin Kröninger | | | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Angewandte Physik in der klinischen Medizin (PHY7226) | | | | |
| Studiengang: M.Sc.-Studiengang Medizinphysik, Physik | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Semester (M.Sc.) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <ol style="list-style-type: none"> 1. Physik als Pflicht für den Arzt (Strahlenschutz, Medizinproduktegesetz) 2. Technische Geräte in Diagnostik und Therapie 3. Gehirn, Auge, Ohr 4. Hals 5. Lunge 6. Herz 7. Visceralchirurgie I (Speiseröhre, Magen Darm) 8. Visceralchirurgie II (Leber, Galle, Bauchspeicheldrüse) 9. Unfallchirurgie 10. Orthopädie 11. Angiologie | | | | |
| 4 | Kompetenzen Grundlegende Kenntnisse der angewandten Physik in der klinischen Medizin gemäß der Lehrinhalte. Die Seminare sind so aufgebaut, dass zunächst die Anatomie und Physiologie, die Pathophysiologie und dann die typischen Erkrankungen besprochen werden und inwieweit die Physik in Diagnostik und Therapie Anwendung findet. Wenn möglich, wird insbesondere auf das mögliche Betätigungsfeld des Medizinphysikers hingewiesen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung: die Voraussetzungen werden vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Experimentalphysik 1-3. Medizinphysik 1,2 hilfreich, aber nicht notwendig | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Medizinphysik, Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Bauer | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Die Suche nach neuen Teilchen, Dunkler Materie & Co. (PHY7227) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Inhalt des Seminars ist die Suche nach neuen Teilchen, wie z.B. Kandidaten für Dunkle Materie, neuen Quarks und Leptonen oder neuen Eichbosonen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf aktuellen experimentellen Ansätzen und Ergebnissen. | | | | |
| 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 ^(SEP) Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus Einführung in die Elementarteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Johannes Erdmann, Prof. Kevin Kröninger | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|---------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Superconducting Technology applied to particle accelerators (PHY7228) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc), Medizinphysik (M.Sc) | | | | |
| Turnus: Im WS | Dauer: 2 Wochen | Studienabschnitt: 1. Sem. (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: English | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Along the seminar the principles and the application of superconducting radio frequency (SRF) technologies to the operation particle accelerators will be studied. To this end the key topics will be introduced by means of a lecture (superconductivity, SRF cavities, RF losses, limits of normal conducting cavities vs superconducting systems, loss mechanisms, ...). In addition, 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. | | | | |
| 4 | Kompetenzen The participants will carry out independent research on the suggested topic in order to complete the material taught during the seminar. This work will be presented to the other participants and actively discussed. | | | | |
| 5 | Prüfungen Course achievements: Active participation in the discussions following the lectures. Module examination: Graded own presentation. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Previous knowledge in particle physics | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik und Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. A. Velez | | Zuständige Fakultät Physik | | |

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

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Self-study and own presentation | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: English | | | | |
| 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-state systems: Semiconductors, magnetic materials, superconductors, topological materials, THz cavity quantum electrodynamical structures, etc. | | | | |
| 4 | Kompetenzen 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Knowledge in solid-state physics, quantum mechanics, and optics. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. Christoph Lange, Prof. Zhe Wang | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Literaturseminar Quantentechnologien (PHY7230) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im SS und WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-4. Sem. (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | 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 gehören 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 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag bei Vorstellung der Veröffentlichung. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse in Festkörperphysik und Quantenmechanik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dr. M. Aßmann | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Dynamik offener optischer Systeme (PHY7231) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im SS und WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Sem. (M.Sc) | Credits 5 | Aufwand 150 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 5 | 1 + 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 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, Quantenprozessorstomographie | | | | |
| 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Physik I-IV; Kenntnisse in höherer Quantenmechanik wünschenswert z.B. durch Absolvierung des Moduls PHY631 „Höhere Quantenmechanik“ | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dr. M. Aßmann | | Zuständige Fakultät Physik | | |

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

| | | | | | |
|----------|--|----------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element/Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 2 |
| | 2 | Übung zur Vorlesung | Ü | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder 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 Studierenden erhalten weiterführende Einblicke in Aspekte der Top-Quark- und Higgs-Boson-Physik. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistung: aktive Teilnahme an der Übung. Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung je nach Teilnehmerzahl. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schriftlich oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: keine | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan(in) der Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | | |
|---|---|-------------------------------|--|-------------------------|----------------------------------|
| Module: Practical aspects of instrumentation (PHY7233) | | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | | |
| Frequency By the semester | | Duration 1 Semester | Semester First or second sem. | Credits 3/6/9 | Work load 90/180/270 h |
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | 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: 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. | | | | |
| 4 | 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 | Examination Module examination (lecture) or module component examinations (lecture and optional exercise session and/or seminar) | | | | |
| 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 | Responsible Guest chair for instrumentation, Dean of the Department of Physics | | Organization Department of Physics | | |

| | | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Module: Laboratory of condensed matter physics: time-resolved photoemission (PHY7234) | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | |
| Frequency By the semester | Duration 1 Semester | Semester Winter Semester | Credits 6 | Work load 180 h |

| | | | | | |
|----------|--|-------------------------|-------------|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Lecture | Lec | 4 | 4 |
| | 2 | Exercise session | Lab | 2 | 2 |
| 2 | Language: English | | | | |
| 3 | Content <p>The lecture will be divided in three main chapters:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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: <ol style="list-style-type: none"> 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 <ul style="list-style-type: none"> • Low energy electron diffraction • Auger electron spectroscopy 2. Introduction to photoemission spectroscopy <ol style="list-style-type: none"> 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. <ul style="list-style-type: none"> • Basic principles of cathode lens microscopy • Going from real space to momentum operation modes 3. Introduction to pump-probe photoemission spectroscopy <ol style="list-style-type: none"> 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. <p>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.</p> | | | | |
| 4 | Learning outcome <p>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.</p> | | | | |
| 5 | Examination <p>Two module component examinations (lecture and exercise session)</p> | | | | |

| | | |
|----------|--|--|
| 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 None | |
| 8 | Module type Elective module | |
| 9 | Responsible Dr. Giovanni Zamborlini | Organization Department of Physics |

| | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Modul: Einführung in die Theoretische Elementarteilchenphysik (PHY731) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1. Sem. | Credits 12 | Aufwand 360 h |

| | | | | | |
|----------|--|---|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Einführung in die theoretische Elementarteilchenphysik | V | 8 | 4 |
| | 2 | Übungen zu Einführung in die theoretische Elementarteilchenphysik | Ü | 4 | 2 |
| 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. <u>Literatur:</u> 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. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Hausaufgaben Modulprüfung: Benotete Klausur (120 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> 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 Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|
| Modul: Einführung in die Theoretische Festkörperphysik (PHY732) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus: Jährlich zum WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1. Sem. | Credits 12 | Aufwand 360h |

| | | | | | |
|----------|---|--|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Einführung in die Theoretische Festkörperphysik | V | 8 | 4 |
| | 2 | Übungen zu Einführung in die Theoretische Festkörperphysik | Ü | 4 | 2 |
| | | | | | |
| 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 Bandleitungen 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 <u>Literatur:</u> 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 durcharbeiten, 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schriftlich oder mündlich <input type="checkbox"/> 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 Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Quantenfeldtheorie (PHY733) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus: 1-2-jährlich | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: ab 1. Sem. | Credits 8 | Aufwand 240 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Quantenfeldtheorie | V + Ü | 8 | 2+2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, englisch auf Wunsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte kanonische Quantisierung Φ^4 Theorie, Noethertheorem, Korrelationsfunktionen, Pfadintegral für Spin 0, Spin 1/2 und Spin 1 Felder, Elemente der Renormierung (dimensional), und Renormierungsgruppe <u>Literatur:</u> Mark Srednicki: Quantum Field Theory, Peskin, Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory | | | | |
| 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 Einschleifenrechnungen 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 | Prüfungen Studienleistungen: Hausaufgaben Modulprüfung: Benotete schriftliche Prüfung (120 min) oder mündliche Prüfung (30 min) je nach Teilnehmerzahl | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schriftlich oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus den Modulen Physik I-IV, Höhere Quantenmechanik; ausdrücklich empfehlenswert: Einführung in die Elementarteilchentheorie | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik; empfohlen wenn Masterarbeit im Bereich Teilchentheorie angestrebt wird. Das Modul kann u.a mit dem jährlich angebotenen Blockkurs 10 h (20h) zu ausgewählten Themen der Quantenfeldtheorie (z.B. Loops and Legs, Gruppentheorie) kombiniert werden zu insgesamt 7 (8) CP. | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Theorie stark korrelierter Vielteilchensysteme und Quanteninformation (PHY734) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem. M.Sc. | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> 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: nach Bedarf im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Sem | Credits 4 | Aufwand 120 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 4 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlagen der Phasenübergänge: Spontane Symmetriebrechung, Ordnungsparameter, Korrelationslänge, kritisches Verhalten, Molekularfeldtheorie, Landau Theorie der Phasenübergang. Renormierungsgruppe: Pfadintegral der Zustandssumme, die drei Schritte der Renormierung, Gausscher Fixpunkt, Wilson-Fischer ϵ -Entwicklung, kritische Exponenten Quantenkritische Phänomene: Verallgemeinertes Landau-Ginsburg-Wilson Funktional, Hertzsche Theorie, thermale und Quantenfluktuationen, Ausblick auf die numerische Renormierungsgruppe | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erhalten Einblicke in die Grundlagen der Wilsonsche Renormierungsgruppe, des Konzepts des Fixpunkts und der Zusammenhang zwischen der perturbativen Entwicklung der RG-Transformation um den Fixpunkt und der Berechnung der kritischen Exponenten. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benoteter mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Quantenphysik, Thermodynamik und Statistik, Festkörperphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. F. Anders | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Physik jenseits des Standardmodells (BSM-Seminar, PHY736) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Englisch (Deutsch mit Genehmigung) | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Aktuelle Probleme der Teilchentheorie zur Physik jenseits des Standardmodells: Flavorproblem und -observablen, seltene Zerfaelle, effektive Theorien, Dunkle Materie, Higgssektoren, Quantengravitation und asymptotische Sicherheit, Modellbildung und Phaenomenologie, aktuelle Resultate. | | | | |
| 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 in englischer Sprache erworben. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag zu einem aktuellen Forschungsthema. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Einführung in die Elementarteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Theoretische Probleme der kondensierten Materie (PHY737) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem. M.Sc. | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|---|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> 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 Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Hadronen in der Quantenchromodynamik (PHY738) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. Physik | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 4. / 5. Studienjahr (M.Sc) | Credits 4 | Aufwand 120 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 4 | 2 |
| | Es handelt sich um eine Veranstaltung, die gemeinsam von der Universität Siegen und der TU Dortmund angeboten wird. Ein Teil der Vorlesungen wird aus bzw. nach Siegen per Videokonferenz übertragen. | | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte: Einführung in Quantenchromodynamik Quarkstruktur und Spektroskopie von Hadronen Flavoursymmetrien: Isospin, SU(3), chirale und Schwere-Quark Symmetrien Quark-Ströme und hadronische Matricelemente: Zerfallskonstanten und Formfaktoren, Phänomenologie der starken Wechselwirkung, S-Matrix, Streuamplitude, Mandelstam-Variablen, Analytizität und Unitaritätsbedingung, Dispersionsrelationen, Einführung in Heavy-Quark Effective Theory, QCD Vakuum und Hadronen, Quark- und Gluonkondensate Operatorproduktentwicklung, QCD-Summenregeln | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erhalten weiterführende Einblicke in theoretische und phänomenologische Aspekte der Teilchenphysik mit einem Schwerpunkt auf der Physik der Hadronen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung je nach Teilnehmerzahl | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schriftlich oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. Dr. A. Khodjamirian (Siegen) Jun.-Prof. Dr. J. Brod (Dortmund) | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Master-Seminar zu Differentialgeometrie / Allgemeine Relativitätstheorie (PHY739) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: unregelmässig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-3. Sem (M.Sc) | Credits 5 | Aufwand 150 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|---|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar | S | 5 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Die mathematische Struktur spezieller Lösungen der Einstein Gleichungen: Die Schwarzschild-Raum-Zeit, die Reissner Nordström und die Kerr Lösung, das Gödeluniversum. Vollständigkeit der Geodäten, Struktur der Singularitäten, Maximale Erweiterungen, Symmetrien, Killingvektoren, Kausalität. | | | | |
| 4 | Kompetenzen 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 erheblichen Mehraufwand erreichbar. Modulprüfung: 90-minütiger mündlicher Vortrag zu einem vereinbarten Thema und schriftliche Ausarbeitung dieses Vortrags. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input type="checkbox"/> Modulprüfung: <input checked="" type="checkbox"/> Teilleistungen: eigener Vortrag und schriftlicher Ausarbeitung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse der Allgemeinen Relativitätstheorie und Differentialgeometrie | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik/Mathematik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte(r) Ute Löw /Lorenz Schwachöfer | | Zuständige Fakultät Physik/Mathematik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Big Questions Seminar (PHY7310) | | | | |
| Studiengang: Master Physik, Master Medizinphysik | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1. Mastersemester | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 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 Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Physik I-IV. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. H. Päs | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Neutrinos and Cosmology (PHY7311) | | | | |
| Studiengang: Master Physik, Master Medizinphysik | | | | |
| Turnus: jährlich im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1. Mastersemester | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: 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 Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Grundkenntnisse Physik I-IV. Höhere Quantenmechanik, Einführung in die Elementarteilchentheorie, ggf. Kosmologie. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. H. Päs | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Theorie des Magnetismus in Festkörpern (PHY7312) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: unregelmäßig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-3. Sem (M.Sc) | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|--|--|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Theorie des Magnetismus in Festkörpern | V + Ü | 6 | 2+1 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Modelle zur Beschreibung magnetischer Ordnung in Festkörpern; Theoreme zur magnetischen Ordnung in Festkörpern; Grundzustandseigenschaften und Thermodynamik magnetisch geordneter Festkörper; Anregungen und Antwortfunktionen in magnetisch geordneten Festkörpern; Vielteilchenmethoden zur Untersuchung magnetischer Ordnung in Festkörpern. <u>Literatur:</u> 1. W. Nolting und A. Ramakanth, „Quantum Theory of Magnetism“, (Springer, 2009); 2. P. Fazekas, „Lecture Notes on Electron Correlation and Magnetism“ (World Scientific, 1999); 3. N. Majilis, „The Quantum Theory of Magnetism“ (World Scientific, 2007). | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erlernen am Spezialproblem der magnetischen Ordnung in Festkörpern die Verwendung kanonischer Vielteilchen-Methoden. Darüber hinaus wird vermittelt, unter welchen Bedingungen es in Festkörpern zu magnetischer Ordnung kommen kann und welche Eigenschaften die so geordneten Systeme haben. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse aus den Vorlesungen “Thermodynamik und Statistik” und “Einführung in die Festkörperphysik” erforderlich | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik. | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte(r) Jörg Bünemann | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | | |
|---|--|------------------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Mastermodul Theorie Weicher und biologischer Materie (PH7313) | | | | | |
| Studiengang: Master Physik und Medizinphysik | | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im WS | | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1. Sem. (M.Sc) | Credits 5 | Aufwand 150 h |
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 5 | 2 + 1 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: 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 konstanter Krümmung, Kapillarwellen, Benetzung, Schäume. Membranen: Biegeenergie, Formen flüssiger Vesikeln, thermische Fluktuationen | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die 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. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Physik I-IV sowie Thermodynamik und Statistik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Kierfeld | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-------------------------------|---|---------------------|--------------------------|
| Module: Lecture: Quantum theory of semiconductors (PHY7314) | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | |
| Frequency On demand in SS | Duration 1 Semester | Semester First or second sem. | Credits 3 | Work load 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|-------------------------|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Lecture | Lec | 3 | 2 |
| 2 | Language: 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 | Examination Graded oral examination (20-30min) | | | | |
| 6 | Coursework and examination requirements Module examination: Graded oral examination (20-30min) | | | | |
| 7 | Prerequisites Knowledge on quantum mechanics, Introduction into solid state theory | | | | |
| 8 | Module type Elective module | | | | |
| 9 | Responsible Dr. Doris Reiter | | Organization Department of Physics | | |

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

| | | | | | |
|----------|--|-------------------------|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Seminar | Sem | 3 | 2 |
| 2 | Language: English (preferred) | | | | |
| 3 | <p>Content</p> <p>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 optical 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 rapid passage, electron-phonon interaction and the reappearance regime, magnetically doped quantum dots, photonic states generated by quantum dots in a cavity, entangled photon generation from quantum dots.</p> <p>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 is covered. The chair shall also involve other students to participate in the discussions.</p> | | | | |
| 4 | <p>Learning outcome</p> <p>The students acquire in-depth knowledge about a modern topic of physics. This includes self-study of an advanced topics in solid-state theory.</p> <p>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.</p> | | | | |
| 5 | <p>Examination</p> <p>Graded chairing of one seminar session</p> | | | | |
| 6 | <p>Coursework and examination requirements</p> <p>Course work: Active participation in the seminar. Module examination: Graded chairing of one seminar session</p> | | | | |
| 7 | <p>Prerequisites</p> <p>Basic knowledge about solid-state physics and quantum mechanics</p> | | | | |
| 8 | <p>Module type</p> <p>Elective module</p> | | | | |
| 9 | <p>Responsible Dr. Doris Reiter</p> | | <p>Organization Department of Physics</p> | | |

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

M.Sc.-Studiengang: Physik

| Turnus: | Dauer: | Studienabschnitt: | Credits | Aufwand |
|------------------------------|---------------|--------------------------|----------------|----------------|
| jährlich bis SS 18 | je 1 Semester | 1. bzw. 2. Sem. | jeweils 10 | jeweils 300h |

| | |
|----------|---|
| 1 | Modulstruktur 5 SWS, Praktikum; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern betreut. |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch |
| 3 | Lehrinhalte Physikalische Experimente und Messmethoden: Es werden die von den Studierenden erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten aus den Praktika des Bachelorstudiengangs vertieft und im Hinblick auf aktuelle Techniken erweitert. Neben weiterführenden Versuchen zur Elementarteilchen-, Kern-, Atom- und Festkörperphysik wird auch tiefer in die Forschungsrichtung des Fachbereichs eingeführt, es werden umfangreiche Versuche an den Lehrstühlen durchgeführt und Schwerpunkte in Projektpraktika gesetzt. Die jeweiligen Versuchsanleitungen enthalten lediglich einen kurzen Abriss der theoretischen und experimentellen Grundlagen, sodass die erforderlichen Kenntnisse im Selbststudium erworben werden müssen und der Umgang mit (englischen) Fachzeitschriften gelernt wird. <u>Literatur:</u> Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt. Zusätzliche für das Verständnis erforderliche Literatur z.B.: Bergmann, Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik 1-6 (Walter de Gruyter 1990) Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer 1994) Thorne, Litzen, Johansson, Spectrophysics (Springer 1999) Fachzeitschriftenartikel |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Experimente eigenständig zu verstehen, durchzuführen, zu analysieren und den Sachverhalt wissenschaftlich 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 gegebenenfalls zu beheben. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren. |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle, Poster Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) über PHY741/841 am Ende von PHY841. |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen -keine- |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Masterstudiengang Physik |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik |
| | Zuständige Fakultät Physik |

| | | | | |
|---|---|---|--------------------------------------|--|
| Modul: Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudierende I (PHY742), ab WS 18/19 | | | | |
| M.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus: jährlich im WS ab WS 18/19 | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1. Semester | Credits 6 | Aufwand 180h, davon 60,5h Präsenz und Prüfungen |
| 1 | Modulstruktur 4 SWS, Praktikum; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrenen Wissenschaftlern betreut. | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | |
| 3 | Lehrinhalte Physikalische Experimente und Messmethoden: Es werden die von den Studierenden erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten aus den Praktika des Bachelorstudiengangs vertieft und im Hinblick auf aktuelle Techniken erweitert. Es werden weiterführenden Versuchen zur Elementarteilchen-, Kern-, Atom- und Festkörperphysik durchgeführt. 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. <u>Literatur:</u> Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt. Zusätzliche für das Verständnis erforderliche Literatur z.B.: Bergmann, Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik 1-6 (Walter de Gruyter 1990) Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer 1994) Thorne, Litzen, Johansson, Spectrophysics (Springer 1999) Fachzeitschriftenartikel | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Experimente eigenständig zu verstehen, durchzuführen, zu analysieren und den Sachverhalt wissenschaftlich 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 gegebenenfalls zu beheben. Die Studierenden sind in der Lage einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren. Sie haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren. | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min). | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen -keine- | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Masterstudiengang Physik | | | |
| 9 | Modulbeauftragter Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | |
| | Lehrende Alle Lehrenden der Experimentalphysik | | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Computerpraktikum: Angewandte Protonentherapie (KM09/APM11) | | | | |
| Studiengang: Master Medizinphysik und Master Physik | | | | |
| Turnus: SoSe | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-2. Sem. | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Computerpraktikum | P | 6 | 4 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Grundlagen der Monte Carlo Simulationsmethode <ul style="list-style-type: none"> • 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 Wirksamkeit Bei 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> 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 | Modulbeauftragte/r JProf. Dr. Lühr | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Flavorphysik in Experiment und Theorie (PHY811) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Semester | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 4.5 | 3 |
| | 2 | Übung zur Vorlesung | Ü | 1.5 | 1 |
| | Es handelt sich um eine Veranstaltung, die gemeinsam von der Universität Siegen und der TU Dortmund angeboten wird. Ein Teil der Vorlesungen wird aus bzw. nach Siegen per Videokonferenz übertragen. | | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 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 | Prüfungen Studienleistungen: aktive Teilnahme an der Übung. Modulprüfung: Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung je nach Teilnehmerzahl. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schriftlich oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen keine | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. Dr. Th. Mannel (Siegen) Prof. Dr. B. Spaan (Dortmund) | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Beschleunigerphysik II (PHY812) | | | | |
| Studiengang: Master Physik | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 8. Studiensemester 2. Mastersemester | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 3 | 2 |
| | 2 | Übungen + Seminar | Ü+S | 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. Matlab geübt wird. Das Seminarprogramm besteht aus je einem Vortrag pro Teilnehmer/in, ggf. ergänzt durch Gastvorträge. Hierdurch üben die Studierenden, sich selbstständig 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) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> 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 | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Module: Experimental aspects of particle physics (PHY822) | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | |
| Frequency Summer semester | Duration 1 Semester | Semester Second semester | Credits 6 | Work load 120 h |

| | | | | | |
|----------|---|-------------------------|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Lecture | Lec | 3 | 2 |
| | 2 | Exercise session | Exer. | 3 | 2 |
| 2 | Language: English. If no international students are present, the language can be switched to German. | | | | |
| 3 | Content Experimental aspects of particle physics with varying focus, e.g. searches for new phenomena, precision measurements, current and future experiments. Basic experimental methods in accelerator-based particle physics. | | | | |
| 4 | Learning outcome This subject focus on experimental techniques necessary to perform measurements in the field of particle physics. The student will learn in-depth aspects in the subject area, with particular attention to data analysis. He/She will acquire the necessary knowledge and skill to treat complex measurements and systematics effects. In addition to professional training, at the end of the course, the student will be able to read critically original literature. | | | | |
| 5 | Examination Graded module examination | | | | |
| 6 | Coursework and examination requirements Coursework: Active participation in the exercise sessions. Module examination: oral or written examination | | | | |
| 7 | Prerequisites Basic knowledge of particle physics | | | | |
| 8 | Module type Elective module | | | | |
| 9 | Responsible Dean of the Department of Physics | | Organization Department of Physics | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Modul: Astroteilchenphysik (PHY823) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: regelmäßig im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 6. Sem. (B.Sc) 2. Sem (M.Sc) | Credits 6 | Aufwand 180 h |

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

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Astroteilchenphysik II (PHY823.2) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc., B.Sc.) | | | | |
| Turnus: regelmäßig im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5. Sem. (B.Sc.) 1. Sem (M.Sc.) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit integrierter Übung | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte: <u>Frühes Universum:</u> Urknall, Inflation und thermische Entwicklung des Kosmos. Freeze-Out und schwere Relikte. Kosmischer Neutrinohintergrund. <u>Propagation energiereicher Teilchen:</u> Absorptionsprozesse, extragalaktische Strahlungsfelder, Plasmen im interstellaren und intergalaktischen Raum, Teilchenwechselwirkungen. <u>Dunkle Materie:</u> Modelle jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik, Indikatoren, Halobildung und –Entwicklung, Leistungsspektrum der Dichtefluktuationen, direkte und indirekte Suche nach der dunklen Materie mit boden- und weltraumbasierten Experimenten. <u>AGN – Modelle:</u> Leptonische und hadronische Modelle für Blazare. Inverse Comptonstreuung, interne und externe Strahlungsfelder, photohadronische und pp-Modelle, Implikationen für Gamma- und Neutrinoeobachtungen. <u>Gravitationswellen:</u> experimentelle Nachweismethoden und Multi-Messenger-Astronomie. Literatur: Cosmic Ray Astrophysics, Reinhard Schlickeiser, Berlin Heidelberg New York 2002. Gravitation and Cosmology: Principles And Applications Of The General Theory Of Relativity, Steven Weinberg, Wiley India, 2017. Gravity, Black Holes, and the Very Early Universe. An Introduction to General Relativity and Cosmology, Tai L. Chow, Springer 2007. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden erlernen Inhalte aus aktuellsten Forschungsfragen der Astroteilchenphysik und Kosmologie mit besonderem Fokus auf die Vorgänge im Zusammenhang mit starker Gravitation und das frühe Universum. Erlernt werden auch fortgeschrittene phänomenologische Rechentechniken und die wissenschaftlich-kritische Lektüre und Einordnung aktueller experimentelle und theoretischer Publikationen. | | | | |
| 5 | Prüfungen Benotete Modulprüfung | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen Studienleistung: Aktive Teilnahme an den Übungen Modulprüfung: schriftlich (Klausur 120 min) oder mündlich (30 min), wird zu Beginn bekanntgegeben | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Elementarteilchenphysik 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: jährlich | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

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

| | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Module: Seminar on detector systems in particle and medical physics (PHY826) | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | |
| Frequency Summer semester | Duration 1 Semester | Semester Second semester | Credits 3 | Work load 90 h |

| | | | | | |
|----------|--|-------------------------|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Seminar | Sem | 3 | 2 |
| 2 | Language: English. If no international students are present, the language can be switched to German. | | | | |
| 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. calorimeters, modern particle physics experiments, PET, CT, etc. | | | | |
| 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 competences in the field of scientific research and presentation techniques. | | | | |
| 5 | Examination Graded module examination | | | | |
| 6 | Coursework and examination requirements Coursework: Active participation in the discussion. Module examination: oral presentation on one of the topics of the seminar | | | | |
| 7 | Prerequisites Basic knowledge of particle physics and detector physics | | | | |
| 8 | Module type Elective module | | | | |
| 9 | Responsible Dean of the Department of Physics | | Organization Department of Physics | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar: Falsche Entdeckungen in der Teilchenphysik (PHY827) | | | | |
| Studiengang: Physik (B.Sc. und M.Sc.) | | | | |
| Turnus: fakultativ | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 4. Studienjahr (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Im Seminar werden Entdeckungen der Teilchenphysik behandelt, welche sich im Nachhinein als fehlerhaft herausgestellt haben. <u>Literatur:</u> wird im Seminar zu den jeweiligen Themen bekannt gegeben oder bereitgestellt. | | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden vertiefen Ihr Wissen auf dem Gebiet des Seminars durch Selbststudium zu Ihrem eigenen Vortrag. Dieser Vortrag schult auch Kompetenzen im Bereich wissenschaftlicher Recherche- und Präsentationstechniken. In der anschließenden Diskussion werden wissenschaftliche Diskussionstechniken erworben. Zusätzlich zu diesen klassischen Kompetenzen hilft das Seminar den Studierenden, sich über die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis bewusst zu werden und über mögliche Probleme zu reflektieren. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus Einführungen in die Kern- und Elementarteilchenphysik sowie Astroteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|--|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Strukturanalyse mit Röntgenstrahlung (PHY829) | | | | |
| Studiengang: Physik (BSc/M.Sc.), Medizinphysik (BSc/M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich im SoSe | Dauer: 2 Wochen Blockkurs | Studienabschnitt: 1./2. Sem. (M.Sc.) | Credits 5 | Aufwand 150 h |

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

| | | | | |
|--|--|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Externe Schulungen in der Teilchenphysik (PHY8210) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: unregelmäßig | Dauer: (mind.) 1 Woche Blockkurs | Studienabschnitt: 1./2. Sem (M.Sc) | Credits 1 | Aufwand 30 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Blockkurs | V | 1 | 2 – 2,5 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 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 | Prüfungen 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 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: schulinterne Prüfung oder schriftliche Zusammenfassung <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus der Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik. | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in der Fakultät Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | | |
|--|--|-----------------------------|--|----------------|------------------------|
| Modul: Applications of Synchrotron Radiation (PHY8211) | | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc), Medizinphysik (MSc.) | | | | | |
| Turnus: Sommer Semester | | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 4./5. Studienjahr | Credits 3/5 | Aufwand 190 (150) h |
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Lecture | V | 3 | 2 |
| | 2 | Optional: seminar | S | 2 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: English | | | | |
| 3 | Lehrinhalte The course will cover the following topics: Generation of synchrotron radiation: operating principle of a storage ring, relativistic description of a charge moving in a magnetic field, insertion devices, X-ray optics and scheme of a beamline. X-ray interaction with matter: scattering and absorption in the classical approach (Maxwell equations and damped Lorentz oscillators) and semi-classical approach. Applications of synchrotron radiation: photoemission techniques (X-ray photoemission spectroscopy and microscopy, angle-resolved photoemission spectroscopy, x-ray photoelectron diffraction, spin polarized photoemission spectroscopy) and their applications, e.g. chemical/structural analysis and study of the electronic properties of the matter with/without spatial resolution. Absorption techniques (X-ray absorption spectroscopy, X-ray magnetic circular dichroism) and their applications, e.g. study of the magnetic and chemical properties of the matter. Diffraction techniques, from crystal and powder. | | | | |
| 4 | Kompetenzen The aim of the course is to provide a basic knowledge on the main parameters involved in a synchrotron-based experiment, as well as to have an overview on the most important techniques that can be performed, with a special focus on the photoemission-related experiments. | | | | |
| 5 | Prüfungen Oral examination: presentation of an assigned article related to one of the techniques presented during the lecture (20 min) + questions on the topics introduced during the course (20 min). | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Physik II, IV and solid state physics | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlpflichtfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dr. Giovanni Zamborlini | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| Modul: Licht-Materie-Wechselwirkung (PHY8212) | | | | |
|---|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc) | | | | |
| Turnus: jährlich (WiSe) | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5.-6. Sem. (B.Sc). und 1.-3. Sem. (M.Sc.) | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 4 | 3 |
| | 2 | Übung | Ü | 2 | 1 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte 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 | Kompetenzen Die Vorlesung eröffnet einen umfassenden Blick auf die optischen Eigenschaften kondensierter Materie in einem breiten Spektralbereich von Mikrowellenstrahlung bis ins Ultraviolette. Ziel ist es, ein Verständnis insbesondere für kollektive Elektronendynamik, Anregungen von Quasiteilchen, nichtlineare optische Prozesse und Grundzüge der Quantenoptik zu entwickeln. | | | | |
| 5 | Prüfungen: Modulprüfung: Klausur | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in Quanten- und Festkörperphysik | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul vorrangig im Masterstudiengang Physik, aber auch im Bachelorstudiengang Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. Dr. C. Lange | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| Modul: Seminar: Licht-Materie-Wechselwirkung (PHY8213) | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Studiengang: Physik (B.Sc, M.Sc) | | | | |
| Turnus: jährlich (WiSe) | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 5.-6. Sem. (B.Sc.) und 1.-3. Sem. (M.Sc.) | Credits 3 | Aufwand 60 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|---|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Seminar zur Vorlesung | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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 Kompression ultrakurzer Laserimpulse, und andere.</p> | | | | |
| 4 | Kompetenzen <p>Das Seminar eröffnet den Teilnehmern die Möglichkeit, einen Themenbereich moderner Optik zu vertiefen und aufbereitet in der Gruppe der Hörerschaft vorzustellen.</p> | | | | |
| 5 | Prüfungen: <p>Modulprüfung: Benoteter Seminarvortrag</p> | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich, eigener Vortrag <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen <p>Kenntnisse in Quanten- und Festkörperphysik; empfohlen: Vorlesung „Licht-Materie-Wechselwirkung“</p> | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls <p>Wahlmodul vorrangig im Masterstudiengang Physik, aber auch im Bachelorstudiengang Physik</p> | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r <p>Prof. Dr. C. Lange</p> | | Zuständige Fakultät <p>Physik</p> | | |

| | | | | |
|---|---|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Modul: Vielteilchen-Festkörpertheorie (PHY831) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus: zweijährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 2. Sem. | Credits 8 | Aufwand 240h |
| 1 Modulstruktur | 3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung oder 4 SWS Vorlesungen. | | | |
| 2 Lehrveranstaltungssprache: | Deutsch oder Englisch | | | |
| 3 Lehrinhalte | <p><u>Allgemein:</u> Vertiefung des Quasiteilchenkonzepts und seine Grenzen <u>Diagrammatische Störungstheorie:</u> Greenfunktionen, Herleitung der Feynman-Diagramme, Selbstenergie, Dysongleichung, Vertexkorrekturen, Random Phase Approximation, mikroskopische Fermiflüssigkeitstheorie, dynamische Molekularfeldtheorie; <u>Renormierung:</u> z.B. poor man's scaling, funktionale Renormierung, kontinuierliche unitäre Transformationen; <u>Luttingerflüssigkeit:</u> Bosonisierung, eindimensionale Systeme, Störstellen; <u>Transport:</u> Kubozugang, Boltzmann-Gleichung, Landauer-Büttiker Formel; <u>Anwendungen:</u> z.B. Supraleitung, Magnetismus, Transport, Dekohärenz</p> <p>Literatur: z.B. G. Rickayzen, Green's Functions and Condensed Matter, Academic Press (1988); A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov und I. E. Dzyaloshinski, Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics, Dover (1975); A.L. Fetter und J.D. Walecka, Quantum Theory of Many-Particle Systems, McGraw-Hill (1971); Th. Giamarchi, Quantum Physics in One Dimension, Oxford Science Publications, (2004); A.O. Gogolin, A.A. Nersesyan and A.M. Tsvelik, Bosonization and Strongly Correlated Systems, Cambridge University Press (1998)</p> | | | |
| 4 Kompetenzen | <p>Die Studierenden werden an das Niveau aktueller Forschung herangeführt. Die relevanten Konzepte des Forschungsgebiets werden dargelegt, methodisch untermauert und an Beispielen illustriert. Dazu lernen die Studierenden die fortgeschrittenen Methoden der Theorie der kondensierten Materie kennen und ihre Vor- und Nachteile selbst kritisch zu beurteilen. Sie sollen die Kompetenz erwerben, in der Theorie der kondensierten Materie eine Masterarbeit erfolgreich anzufertigen.</p> <p>In den Übungen und/oder in den Vorlesungen sollen die Studierenden an die Art und Weise des wissenschaftlichen Diskurses eingeführt werden.</p> | | | |
| 5 Prüfungen | <p>Studienleistungen: Hausaufgaben, falls Übungen angeboten.</p> <p>Modulprüfung: Benotete mündliche Modulprüfung (30min) oder schriftliche Modulklausur</p> | | | |
| 6 Prüfungsformen und -leistungen | <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich oder Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | |
| 7 Teilnahmevoraussetzungen | Kenntnisse aus dem Modul Einführung in die Theoretischen Festkörperphysik | | | |
| 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | | |
| 9 Modulbeauftragte/r | Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Modul: Kosmologie (PHY832) | | | | |
| Studiengang: M.Sc. (und B.Sc.) Physik | | | | |
| Turnus: ein- bis zweijährig | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 1.-3. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Kosmologie | V | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte Strukturen im und Geschichtsabriss des Universums, Gravitation und Robertson-Walker-Metrik, Weltmodelle, Thermische Entwicklung des Universums, Primordiale Nukleosynthese, Rekombination, Strukturentstehung, Baryogenese, Dunkle Materie, Phasenübergänge im 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 Entstehung 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 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Modulprüfung (30min) oder Klausur (120 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich oder Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Empfohlen: Kenntnisse aus Thermodynamik und Statistik, Einführung in die Theoretische Elementarteilchenphysik, Allgemeine Relativitätstheorie | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik. | | | | |
| 9 | Modulbeauftragter Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Flavorphysik (PHY833) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus: 1-2-jährlich | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: ab 2. Sem. | Credits 6 | Aufwand 180 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung mit Übung | V+Ü | 6 | 3+2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch, englisch auf Wunsch | | | | |
| 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. <u>Literatur:</u> 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 | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | 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. | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|----------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Modul: Introduction to Renormalization of Quantum Field Theories (PHY834) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: nach Bedarf | Dauer: Blockkurs | Studienabschnitt: 1./2. Sem | Credits 2 | Aufwand 60 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 2 | 14 h Block |
| 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 and 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse der Quantenmechanik, regelmäßige Vorlesungsteilnahme in diesem Kurs. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Blümlein | | Zuständige Fakultät Physik | | |

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

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 2 | 14 h Block |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: English | | | | |
| 3 | Lehrinhalte The Structure of the Standard Model: principle mathematical structure of the $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ theory and its fermionic and bosonic sector; spontaneous symmetry breaking; ABJ-anomaly; 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) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> 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 | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|----------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Modul: Introduction to Group Theory and Lie Algebras (PHY836) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: SS nach Bedarf | Dauer: Blockkurs | Studienabschnitt: 1./2. Sem | Credits 2 | Aufwand 60 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 2 | 14 h Block |
| 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 Klassifikationen, einer Reihe von Darstellungs- und Berechnungsmethoden 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich oder Klausur <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse in Mathematik, regelmäßige Vorlesungsteilnahme in diesem Kurs. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Blümlein | | Zuständige Fakultät Physik | | |

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

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung | V | 2 | 14h Block |
| | 2 | Übung | Ü | | 4 h Block |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: English | | | | |
| 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 integrals 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 | Kompetenzen Die Studierenden erhalten eine Einführung in moderne Berechnungsmethoden für Feynman-Diagramme, die assoziierten mathematischen Funktionenräume, sowie computer-algebraische Verfahren. | | | | |
| 5 | Prüfungen Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min) | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Kenntnisse der Quantenmechanik, regelmaessige Vorlesungsteilnahme und Teilnahme an den Uebungen zu diesem Kurs. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlfach | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Blümlein | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Modul: Theorie Weicher und biologischer Materie II (PHY838) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc), Master Medizinphysik | | | | |
| Turnus: nach Bedarf im WS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 2. Sem. (M.Sc) | Credits 4 | Aufwand 120 h |

| | | | | | |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Vorlesung und Übung | V+Ü | 4 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | | | |
| 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. | | | | |
| 5 | Prüfungen Studienleistung: Übungsaufgaben. Modulprüfung: Benotete Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30 min), wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Klausur oder mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen Grundkenntnisse Physik I-IV, Thermodynamik und Statistik (Theorie), Theorie weicher und biologischer Materie 1.Teil | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik, Medizinphysik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Kierfeld | | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|--|
| Modul: Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Festkörperphysik (PHY842) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang: Physik | | | | |
| Turnus: jährlich im SS | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 2. Semester | Credits 6 | Aufwand 180h, davon 60h Präsenz und Prüfungen |

| | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | Modulstruktur 4 SWS, Praktikum; die Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt, und von erfahrenen Wissenschaftlern betreut. | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch | | |
| 3 | Lehrinhalte <p>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 Studierenden erworbenen Kenntnisse 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.</p> <p>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.</p> <p><u>Literatur:</u> Zusätzlich zu den Anleitungen ist das Selbststudium der Literatur nötig, z.B.: Bergmann, Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik 1-6 Gross, Marx, Festkörperphysik Bereitgestellte Fachzeitschriftenartikel</p> | | |
| 4 | Kompetenzen <p>Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Experimente eigenständig zu verstehen, durchzuführen, zu analysieren und den Sachverhalt darzustellen. Sie haben gelernt, sich selbstständig 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.</p> | | |
| 5 | Prüfungen <p>Studienleistungen: Vorbereitung, Versuchsdurchführung und testierte Versuchsprotokolle. Modulprüfung: Benotete mündliche Prüfung (30 min).</p> | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen -keine- | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Masterstudiengang Physik | | |
| 9 | <table border="1"> <tr> <td>Modulbeauftragter Dekan/in Physik</td> <td>Zuständiger Fachbereich Physik</td> </tr> </table> | Modulbeauftragter Dekan/in Physik | Zuständiger Fachbereich Physik |
| Modulbeauftragter Dekan/in Physik | Zuständiger Fachbereich Physik | | |
| | Lehrende Alle Lehrenden der Experimentalphysik | | |

| | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Module: Advanced Laboratory course II: Particle physics (PHY843) | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | |
| Frequency Summer semester | Duration 1 Semester | Semester Second semester | Credits 6 | Work load 180 h |

| | | | | | |
|----------|--|-----------------------------------|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Laboratory course in small groups | Lab | 6 | 4 |
| 2 | Language: English. If no international students are present, the language can be switched to German. | | | | |
| 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 outcome Students will selectively explore experimental techniques and advanced topics and deepen their knowledge through hands-on experiments in the field. | | | | |
| 5 | Examination Graded module 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 | Responsible Dean of the Department of Physics | | Organization Department of Physics | | |

| | | | | |
|---|--|---|--------------------------------------|-------------------------|
| Modul: Fortgeschrittenenpraktikum II für Masterstudierende: Theoretikum (PHY844) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 2. Sem (M.Sc) | Credits 6 | Aufwand 180 h |
| 1 | Modulstruktur: 4 SWS Praktikum, Projektarbeit in der Regel in Kleingruppen | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | |
| 3 | Lehrinhalte Die 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 | Kompetenzen Die 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Kenntnisse aus der Festkörpertheorie bzw. Elementarteilchentheorie | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Kierfeld | | Zuständige Fakultät Physik | |

| | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Module: Advanced Laboratory course II: Electronics (PHY845) | | | | |
| Degree program: Physics (M.Sc.) | | | | |
| Frequency Summer semester | Duration 1 Semester | Semester Second semester | Credits 6 | Work load 180 h |

| | | | | | |
|----------|--|-----------------------------------|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Module structure | | | | |
| | No. | Element / course | Type | Credits | Contact hours per week |
| | 1 | Laboratory course in small groups | Lab | 6 | 4 |
| 2 | Language: English. If no international students are present, the language can be switched to German. | | | | |
| 3 | Content The students deepen basic concepts of electronics and apply them in practical exercises. The practical covers the areas of analog and digital electronics. | | | | |
| 4 | Learning outcome 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 | Examination Graded module 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 | Responsible Dean of the Department of Physics | | Organization Department of Physics | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|---------------------|------------------------|
| Modul: Seminar zum Theoretikum im Bereich Kondensierter Materie (PHY846) | | | | |
| Studiengang: Physik (M.Sc.) | | | | |
| Turnus: jährlich | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 2. Sem (M.Sc) | Credits 3 | Aufwand 90 h |

| | | | | | |
|----------|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | Modulstruktur | | | | |
| | Nr. | Element / Lehrveranstaltung | Typ | Credits | SWS |
| | 1 | Selbststudium und eigener Vortrag | S | 3 | 2 |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Englisch | | | | |
| 3 | Lehrinhalte <p>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.</p> <p>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.</p> | | | | |
| 4 | Kompetenzen <p>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.</p> | | | | |
| 5 | Prüfungen <p>Studienleistungen: Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Anschluss an die Vorträge. Modulprüfung: Benoteter eigener Vortrag (30 min) zu dem Projektthema des Theoretikums (Modul 844).</p> | | | | |
| 6 | Prüfungsformen und -leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: mündlich <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen: Teilnahme am Theoretikum (Modul 844) im Bereich kondensierter Materie. | | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Wahlmodul im Studiengang Master Physik | | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Prof. J. Kierfeld | | Zuständige Fakultät Physik | | |

Module Semester 9 und 10 (Master)

| | | | | |
|--|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Modul: Forschungspraktikum (PHY911) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Sem | Credits 15 | Aufwand 450 h |

| | | | |
|--|---|--|--------------------------------------|
| 1 | Modulstruktur Praktikum: Forschungspraktikum | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | |
| 3 | Lehrinhalte 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Kurzbericht <input type="checkbox"/> Teilleistung | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen 40 erworbene Leistungspunkte im Masterstudiengang Physik | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Masterstudiengang Physik. | | |
| 9 | <table border="0"> <tr> <td>Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik</td> <td>Zuständige Fakultät Physik</td> </tr> </table> | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | Zuständige Fakultät Physik |
| Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | Zuständige Fakultät Physik | | |

| | | | | |
|--|--|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Modul: Methoden und Projektplanung (PHY912) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: 1 Semester | Studienabschnitt: 3. Sem | Credits 15 | Aufwand 450 h |
| 1 | Modulstruktur Projektplanung für die Masterarbeit Arbeitsgruppenseminar 2 SWS | | | |
| 2 | Lehrveranstaltungssprache: Deutsch oder Englisch | | | |
| 3 | Lehrinhalte Definition einer wissenschaftlichen Problemstellung Methoden des Projektmanagements Erstellung, Vorstellung und Diskussion eines Projektplans | | | |
| 4 | Kompetenzen Die Studierenden können eine aktuelle wissenschaftliche Problemstellung formulieren sowie den Arbeits- und Zeitplan zur erfolgreichen Absolvierung des selbständigen Forschungsprojekts im Rahmen der Masterarbeit entwickeln. Sie haben dabei insbesondere ihre Methodenkompetenz bei der Anwendung von Fachwissen sowie die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Schreiben weiterentwickelt. | | | |
| 5 | Prüfungen Benotete Projektarbeit, z.B. Forschungsplan und Methodenüberblick | | | |
| 6 | Prüfungsformen und –leistungen <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Projektarbeit <input type="checkbox"/> Teilleistung | | | |
| 7 | Teilnahmevoraussetzungen 40 erworbene Leistungspunkte im Masterstudiengang Physik | | | |
| 8 | Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Masterstudiengang Physik. | | | |
| 9 | Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | | Zuständige Fakultät Physik | |

| | | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Modul: Masterarbeit (PHY1011) | | | | |
| M.Sc.-Studiengang Physik | | | | |
| Turnus: jedes Semester | Dauer: | Studienabschnitt: 4. Sem | Credits 30 | Aufwand 900 h |
| 1 Modulstruktur Betreute Forschungsarbeit | | | | |
| 2 Lehrveranstaltungssprache: | Deutsch oder Englisch | | | |
| 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 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 <input checked="" type="checkbox"/> Modulprüfung: Masterarbeit <input type="checkbox"/> Teilleistungen: | | | | |
| 7 Teilnahmevoraussetzungen Modul „Methoden und Projektplanung“ (PHY912) | | | | |
| 8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls Pflichtmodul im Masterstudiengang Physik. | | | | |
| 9 Modulbeauftragte/r Dekan/in Physik | Zuständige Fakultät Physik | | | |