



Modulhandbuch

zum

Master-Studiengang

Physik

13. Oktober 2026

Einleitung/Studienplan	3
Kompetenzbereich Erweiterte Grundlagen der Physik	7
<i>Experimentalphysik</i>	8
<i>Praktikum für Fortgeschrittene</i>	12
<i>Theoretische Physik</i>	15
<i>Hauptseminar</i>	17
Kompetenzbereich Forschungsnahe Vertiefung	20
<i>Vertiefung Experimentelle Physik</i>	21
<i>Vertiefung Theoretische Physik</i>	42
Kompetenzbereich Interdisziplinäres Umfeld	79
<i>Thermoelektrik</i>	80
<i>Theoretische Chemie</i>	83
<i>Nanosysteme und Analytik</i>	86
<i>Elektronik 2</i>	91
<i>Bauelemente und ihre Aufbau-/Verbindungstechnik</i>	97
<i>VWL Mikroökonomik</i>	102
<i>VWL Makroökonomik</i>	105
<i>Industrieprojekt</i>	107
Forschungsphase	110
<i>Forschungsphase 1</i>	111
<i>Forschungsphase 2</i>	113
<i>Forschungsphase 3: Master-Arbeit</i>	115
Studienplan: Module und Veranstaltungen	119

Einleitung/Studienplan

Der **Masterstudiengang Physik** (Master of Science, M.Sc.) bildet den zweiten, eigenständigen Abschnitt des konsekutiven Physikstudiums, bestehend aus einem dreijährigen Bachelorstudium und einem zweijährigen Masterstudium. Er führt zu einem weiterführenden wissenschaftlichen Hochschulabschluss in Physik. Im Unterschied zum Bachelorstudium zeichnet sich das Masterstudium durch eine größere Wahlfreiheit und eine ausgeprägte Forschungsorientierung aus.

Studienziele

Aufbauend auf einem ersten Hochschulabschluss vermittelt der Masterstudiengang vertiefte fachliche sowie analytisch-methodische Kompetenzen. Die im vorausgehenden Studium erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten werden erweitert, vertieft und zunehmend auf aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen angewendet. Das Studium qualifiziert sowohl für anspruchsvolle berufliche Tätigkeiten innerhalb und außerhalb der physikalischen Forschung und Entwicklung als auch für die Aufnahme einer Promotion.

Die Absolventinnen und Absolventen verfügen über ein breites und zugleich vertieftes physikalisches Fachwissen sowie über die für Physikerinnen und Physiker charakteristische Fähigkeit, komplexe Problemstellungen mit wissenschaftlichen Methoden selbstständig zu analysieren und zu bearbeiten. Im Einzelnen verfügen sie über folgende Kompetenzen:

- Sie verfügen über vertiefte mathematisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse, überblicken wesentliche Zusammenhänge innerhalb der Physik sowie zu benachbarten Disziplinen und haben sich auf mindestens einem Teilgebiet der Physik so weit spezialisiert, dass sie aktuelle internationale Forschungsergebnisse verstehen, einordnen und für eigene wissenschaftliche Fragestellungen nutzen können.
- Sie sind in der Lage, ihr Fachwissen auf komplexe physikalische Probleme und Fragestellungen anzuwenden, diese auf wissenschaftlicher Grundlage zu analysieren und zu formulieren sowie geeignete Lösungsstrategien zu entwickeln und umzusetzen.
- Sie sind in der Lage, zur Bearbeitung komplexer physikalischer Fragestellungen Experimente zu konzipieren, aufzubauen und durchzuführen sowie die gewonnenen Daten auszuwerten und zu interpretieren. Ebenso können sie auf der Grundlage physikalischer Prinzipien geeignete Modelle entwickeln und physikalische Phänomene mithilfe mathematischer Analysen und numerischer Simulationen untersuchen, erklären und vorhersagen.
- Sie verfügen über fachübergreifende Kompetenzen insbesondere in den Bereichen wissenschaftliche Kommunikation, Projektorganisation und Teamarbeit. Diese Kompetenzen werden in die Fachlehrveranstaltungen integriert und insbesondere während der Forschungsphase weiterentwickelt und praktisch angewendet.
- Sie haben in der einjährigen Forschungsphase die Fähigkeit erworben, sich selbstständig in ein **neues physikalisches Spezialgebiet** einzuarbeiten, die einschlägige aktuelle internationale Fachliteratur zu recherchieren, kritisch zu bewerten und für die eigene wissenschaftliche Arbeit zu nutzen. Sie sind in der Lage, geeignete experimentelle bzw. theoretische Methoden für konkrete Forschungsfragen auszuwählen und anzuwenden, die erzielten Ergebnisse in den aktuellen wissenschaftlichen Kontext einzuordnen und daraus weiterführende Schlussfolgerungen abzuleiten.
- Sie sind in der Lage, Forschungs- und Entwicklungsprozesse selbstständig und zielorientiert zu gestalten. Dabei können sie mit unerwarteten Ergebnissen, Schwierigkeiten und Verzögerungen angemessen umgehen, Lösungsstrategien kritisch überprüfen und bei Bedarf an veränderte Rahmenbedingungen oder neue Erkenntnisse anpassen.
- Sie können ihre im Studium erworbenen physikalischen Kenntnisse, wissenschaftlichen Methoden und Problemlösungsstrategien auch auf Fragestellungen außerhalb des im Masterstudium gewählten Spezialgebietes übertragen und sind dadurch für ein breites Spektrum beruflicher Tätigkeiten qualifiziert.

- Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte und eigene Forschungsergebnisse im Kontext des aktuellen internationalen Forschungsstandes kritisch zu diskutieren und adressatengerecht in schriftlicher und mündlicher Form darzustellen. Dies schließt insbesondere die eigenständige schriftliche Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse in der Masterarbeit sowie deren mündliche Präsentation und Diskussion ein.
- Sie kennen die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis und wissenschaftlicher Integrität und wenden diese in ihrer eigenen wissenschaftlichen Arbeit an. Sie reflektieren die Verantwortung wissenschaftlichen Handelns sowie mögliche Auswirkungen ihrer Tätigkeit auf Wissenschaft, Gesellschaft und Umwelt und orientieren ihr Handeln an den an der Universität Duisburg-Essen geltenden Grundsätzen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis sowie an den einschlägigen Leitlinien der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).
- Sie sind in der Lage, ihr Wissen und ihre methodischen Kompetenzen eigenverantwortlich und kontinuierlich weiterzuentwickeln. Sie verfügen über eine ausgeprägte physikalische Problemlösungskompetenz, die sie befähigt, sich selbstständig in neue und komplexe Fragestellungen einzuarbeiten.

Studienplan

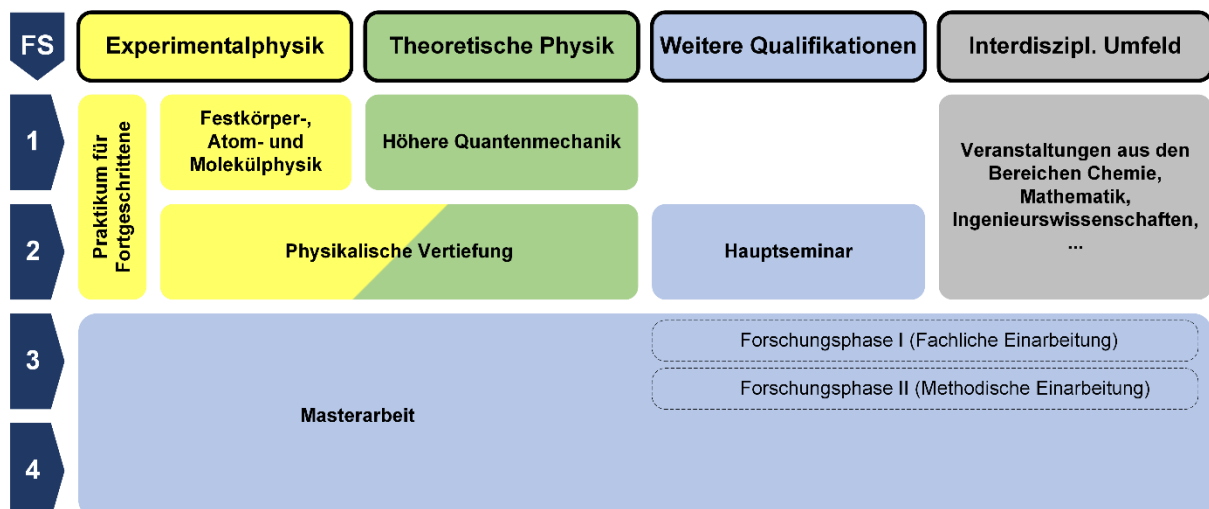
Das erste Studienjahr gliedert sich in drei modular aufgebaute **Kompetenzbereiche: Erweiterte Grundlagen, Forschungsnahe Vertiefung und Interdisziplinäres Umfeld**.

Die Module und Lehrveranstaltungen im Kompetenzbereich **Erweiterte Grundlagen** dienen der Erweiterung und Vertiefung der im Bachelorstudium erworbenen physikalischen Grundlagenkenntnisse. Zugleich ermöglichen sie den Ausgleich unterschiedlicher fachlicher Vorkenntnisse.

Im Kompetenzbereich **Forschungsnahe Vertiefung** erwerben die Studierenden vertiefte Kenntnisse und methodische Kompetenzen in ausgewählten physikalischen Spezialgebieten und werden an aktuelle Forschungsfragen herangeführt.

Der Kompetenzbereich **Interdisziplinäres Umfeld** erweitert das fachliche Profil durch Kenntnisse und Kompetenzen aus angrenzenden bzw. außerphysikalischen Fachgebieten und fördert die Fähigkeit, physikalische Fragestellungen in einen breiteren wissenschaftlichen und interdisziplinären Kontext einzuordnen.

Den Aufbau des Studiums „auf einen Blick“ veranschaulicht der folgende **Studienplan**:



Jedem Kompetenzbereich des ersten Studienjahres ist eine Bandbreite von ECTS-Credits zugeordnet. Die Studierenden müssen in jedem Kompetenzbereich eine festgelegte Mindestzahl an Credits erwerben und können diese bis zu einer vorgegebenen Obergrenze ergänzen. Ein ECTS-Credit entspricht dabei einem durchschnittlichen Arbeitsaufwand von 30 Stunden.

Modulhandbuch MA Physik

Im Masterstudiengang sind insgesamt 120 ECTS-Credits zu erwerben. Dies entspricht einem Arbeitsaufwand von insgesamt 3.600 Stunden, der sich auf vier Semester verteilt. Das Masterstudium ist als Vollzeitstudium konzipiert und erfordert daher einen entsprechend hohen zeitlichen Arbeitsaufwand, der neben der Teilnahme an Lehrveranstaltungen insbesondere die Vor- und Nachbereitung, das Selbststudium, die Prüfungsvorbereitung sowie die Forschungsphase umfasst.

Im Kompetenzbereich **Forschungsnahe Vertiefung** kann im Zusammenhang mit der Spezialisierung auf einem physikalischen Fachgebiet eine **Projektarbeit** in einer Forschungsgruppe der Fakultät durchgeführt werden. Im Kompetenzbereich **Interdisziplinäres Umfeld** besteht die Möglichkeit, ein **Industrieprojekt** durchzuführen. Die Fakultät unterstützt die Studierenden bei der Suche nach geeigneten Projekten und Ansprechpartnerinnen bzw. Ansprechpartnern. Für Industrieprojekte können dabei die bestehenden Kontakte der Fakultät zu Unternehmen genutzt werden.

Die Studierenden sollen sich bereits im ersten Studienjahr entsprechend ihren fachlichen Interessen, individuellen Fähigkeiten und beruflichen Zielen für ein Spezialgebiet entscheiden, das in der **Forschungsphase** des zweiten Studienjahres durch eigenständige wissenschaftliche Arbeit weiter vertieft wird.

Die **Forschungsphase** umfasst die Module **Forschungsphase 1 bis 3** und erstreckt sich über das zweite Studienjahr. Sie wird in der Regel in einer Forschungsgruppe der Fakultät für Physik durchgeführt und individuell von einer Hochschullehrerin, einem Hochschullehrer, einer Privatdozentin oder einem Privatdozenten betreut. Im Rahmen der verfügbaren Betreuungskapazitäten können die Studierenden ihre Betreuerin bzw. ihren Betreuer wählen.

Im ersten Abschnitt der Forschungsphase (Modul **Forschungsphase 1**, Dauer: drei Monate) arbeiten sich die Studierenden in eine Fragestellung der aktuellen physikalischen Forschung ein. In den anschließenden drei Monaten (Modul **Forschungsphase 2**) erwerben und vertiefen sie die für die Bearbeitung dieser Fragestellung erforderlichen experimentellen, theoretischen bzw. methodischen Kenntnisse und Fertigkeiten.

Aus dieser vertieften Beschäftigung mit der Forschungsfrage entwickelt sich das Thema der **Masterarbeit**. Diese wird in den folgenden sechs Monaten im Rahmen des Moduls **Forschungsphase 3** selbstständig unter wissenschaftlicher Betreuung bearbeitet und bildet den abschließenden Abschnitt des Masterstudiums.

Die vielfältigen Wahl- und Spezialisierungsmöglichkeiten des Masterstudiengangs erfordern eine frühzeitige und sorgfältige Studienplanung. Den Studierenden wird daher empfohlen, bereits **zu Beginn des Masterstudiums** ein **Beratungsgespräch** zur Fächerwahl und zur Planung der Forschungsphase zu führen. Weitere Beratungsgespräche im Verlauf des Studiums werden ausdrücklich empfohlen. Hierfür stehen sowohl die Studienberatung der Fakultät als auch die Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer zur Verfügung.

Dieses Modulhandbuch ist entsprechend den Kompetenzbereichen des Studiengangs gegliedert. Den einzelnen Kompetenzbereichen sind die jeweils zugehörigen Module zugeordnet. Für jedes Modul enthält das Modulhandbuch eine **Modulbeschreibung**. Diese informiert insbesondere über die Qualifikationsziele und Inhalte des Moduls, Art und Umfang der zugehörigen Lehrveranstaltungen, gegebenenfalls empfohlene Literatur sowie die vorgesehenen Studien- und Prüfungsleistungen.

Die Prüfungsmodalitäten, insbesondere die zulässigen Prüfungsformen und die Anforderungen an Prüfungsvorleistungen, sind in der jeweils geltenden **Prüfungsordnung (PO)** verbindlich geregelt. Ergänzende Angaben zu den fachlichen Inhalten und zur konkreten Durchführung der Lehrveranstaltungen können den jeweiligen Modulbeschreibungen entnommen oder bei den Modulverantwortlichen bzw. den Lehrenden erfragt werden.

Modulhandbuch MA Physik

Die Fakultät für Physik entwickelt die inhaltliche und organisatorische Ausgestaltung des Studiums kontinuierlich weiter. Änderungen der Lehrangebote und Modulbeschreibungen sind daher im Rahmen der geltenden Ordnungen möglich. Studierenden wird empfohlen, die jeweils aktuelle Fassung des Modulhandbuchs sowie aktuelle Informationen zum Studiengang auf den Internetseiten der Fakultät für Physik zu beachten.

Kompetenzbereich

Erweiterte Grundlagen der Physik

Modulname	Modulcode
Experimentalphysik	PHYSIK-M1-EXP
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	P	10

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Fortgeschrittene Festkörperphysik	P	3	120 h	4
II	Atom- und Molekülphysik	P	6	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			9	300	10

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihre mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft und den Überblick über physikalische Zusammenhänge erweitert. Sie haben dabei ihr Wissen beispielhaft auch an komplexen physikalischen Aufgabenstellungen eingesetzt und können diese auf einer wissenschaftlichen Basis analysieren und möglichst weitgehend lösen
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernstrategie bei der Prüfungsvorbereitung im Repetitorium

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Modulprüfung zu I und II (Dauer 20 - 45 Minuten).
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht 10 Cr in die Gesamtnote ein

Modulname		Modulcode	
Experimentalphysik		PHYSIK-M1-EXP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Fortgeschrittene Festkörperphysik		PHYSIK-M1-EXP-FKP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch / Englisch	V: 40, Üb: 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	75 h	120 h	4 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die physikalischen Begriffe und die grundlegenden Konzepte zur Beschreibung kooperativer Phänomenen wie z.B. Supraleitung und Magnetismus. Sie kennen und verstehen die wesentlichen Experimente und können deren Resultate korrekt analysieren, einordnen und beurteilen.
Inhalte
Supraleitung Typ I und Typ II Supraleiter, Londongleichungen (SL und Magnetfelder, Abschirmströme), BCS – Theorie, Josephson-Effekte, SQUID, Superfluidität Diamagnetismus und Paramagnetismus Langevin-Gleichung, Quantentheorie des Dia- und Paramagnetismus, Kühlung durch adiabatische Entmagnetisierung, Paramagnetische Suszeptibilität der Leitungselektronen Kooperativer Magnetismus Ferromagnetische Ordnung, Austauschwechselwirkung, Stonerkriterium, Magnonen, Magnetische Neutronenstreuung, Ferrimagnetische Ordnung, Antiferromagnetische Ordnung, Ferromagnetische Domänen, Ionen im Kristallfeld, Auslöschung des Bahndrehimpulses Dielektrische und ferroelektrische Festkörper Makroskopisches und lokale elektrische Felder, Dielektrizitätskonstante und Polarisierbarkeit, strukturelle Phasenübergänge, ferroelektrische Kristalle Optische Eigenschaften von Festkörpern Response-Verhalten, Suszeptibilitäten, komplexer Brechungsindex, Kramers-Kronig-Relation, Fresnel-Gleichungen, optische Reflexion und Absorption, Raman-Effekt Elementare Anregungen im Festkörper Plasmonen, Polaritonen, Exzitonen, Energieverlustfunktion

Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (Dauer 20 - 45 Minuten) gemeinsam mit PHYSIK-M1-EXP-ATM. Studienleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an Vorlesung und Übung (Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt)
Literatur
• R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik • N.W. Ashcroft, D.N. Mermin, Festkörperphysik • Ch. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik • Buckel: Supraleitung • Poole, Farach, Creswick: Superconductivity • W. Nolting: Quantentheorie des Magnetismus • Seeger: Semiconductor Physics
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Experimentalphysik		PHYSIK-M1-EXP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Atom- und Molekülphysik		PHYSIK-M1-EXP-ATM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch / Englisch	V: 40

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
6	60 h	120 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Konzepte und Methoden zur physikalischen Beschreibung von Atomen und Molekülen als Grundbausteine der Materie, verstehen die wesentlichen Experimente und können deren Resultate korrekt analysieren, einordnen und beurteilen.
Inhalte
Wasserstoffatom: Spin-Bahn Kopplung, relativistische Korrektur, Dirac-Gleichung, Lambshift; Mehrelektronenatome: Orts- und Spinwellenfunktion, Pauli-Spin-Matrizen, Drehimpulskopplung, Clebsch-Gordan-Koeffizienten, selbstkonsistente Näherungsverfahren (Hartree-Fock-Slater, CI), Atome in Feldern, elektronische Übergänge; Molekülphysik: LCAO-Verfahren, Molekülorbitale, Elektronenzustände, Rotation und Schwingung, quantenmechanische Korrekturen, elektronische Übergänge, optische Spektroskopie, IR- und Ramanübergänge, Ausblick auf die Physik mehratomiger Moleküle.
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (Dauer 20 - 45 Minuten) gemeinsam mit PHYSIK-M1-EXP-FKP.
Literatur
• T. Mayer-Kuckuck: Atomphysik • H. Haken, H.C. Wolf: Atom- und Quantenphysik • H. Haken, H.C. Wolf: Molekülphysik und Quantenchemie • A. Beider: Atome, Moleküle, Festkörper • W. Demtröder, Experimentalphysik 3: Atome, Moleküle und Festkörper
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Praktikum für Fortgeschrittene	PHYSIK-MX-FP
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	30 Wochen	P	≥ 9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Fortgeschrittenenpraktikum	P	8 ¹	≥ 180	≥ 6
II	Seminar zu Fortgeschrittenenpraktikum	P	2	90	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			≥ 6	≥ 270	≥ 9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden entwickeln in dieser Veranstaltung die Kompetenz, komplexe physikalische Experimente zu planen, aufzubauen, durchzuführen und die Ergebnisse wissenschaftlich zu interpretieren sowie einem physikalisch vorgebildeten Publikum zu präsentieren. Sie werden dabei in ausgewählten Spezialgebieten der Experimentalphysik an die in der aktuellen Forschung eingesetzten Messmethoden herangeführt und erwerben die Fähigkeit zur Anwendung erworbener physikalischer Kenntnisse zur Gewinnung, Auswertung und Interpretation von Messdaten.
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernen, Zeitmanagement, Lernstrategien bei der Versuchsvorbereitung, Kommunikations- u. Vermittlungstechniken durch mündliche und schriftliche Darstellung der Experimente, Teamfähigkeit durch Arbeit in Kleingruppen (2 – 3 Pers.).

Prüfungsleistungen im Modul
Studienleistung: mindestens 6 Versuchstestate (unbenotet); 1 Vortrag im Seminar
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

¹ mindestens 6 Versuchstage á 8 h Präsenzzeit

Modulname	Modulcode	
Praktikum für Fortgeschrittene	PHYSIK-MX-FP	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Fortgeschrittenenpraktikum	PHYSIK-MX-FP-FP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 und 2	WS und SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
≥ 4	≥ 80 h	≥ 100 h	≥ 180h	≥ 6

Lehrform
Praktikum
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden vertiefen ihre praktischen Fertigkeiten durch weitgehend selbstständiges Arbeiten an speziellen Versuchsaufbauten. Sie erwerben Erfahrung in der Anwendung moderner Messverfahren und bauen die im Bachelorstudium erworbene Fähigkeit zur Anwendung erworbener physikalischer Kenntnisse zur Gewinnung, Auswertung und Interpretation von Messdaten weiter aus.
Inhalte
Fortgeschrittene Versuche aus unterschiedlichen Gebieten der Experimentalphysik. Die genauen Versuchsthemen werden im Praktikumsbereich durch Aushang sowie im Internet bekannt gegeben..
Prüfungsleistung
Das (unbenotete) Testat für einen Versuch wird aufgrund folgender Studienleistungen erteilt: 1. Thematische Einarbeitung 2. Mündliche Eingangsbefragung (Antestat) 3. erfolgreiche Versuchsdurchführung 4. Korrekte Darstellung des Versuchsthemas, der Durchführung und der Ergebnisse in Form eines schriftlichen, testierten Berichts. Voraussetzung für die Durchführung des Versuchs ist der Nachweis ausreichender Vorbereitung im Antestat.
Literatur
Versuchsanleitungen, spezielle Buchartikel und Veröffentlichungen zu den jeweiligen Versuchen (werden in Form eines Semesterapparats zur Verfügung gestellt).
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Im Master-Programm sind mindestens 6 Versuche durchzuführen, die nicht schon im Bachelor-Studium durchgeführt wurden (§12 Abs.1 PO). Jedem Versuch ist ein ECTS-Credit zugeordnet.

Modulname	Modulcode	
Praktikum für Fortgeschrittene	PHYSIK-MX-FP	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Seminar zum Fortgeschrittenenpraktikum	PHYSIK-MX-FP-S	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 und 2	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Se
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben Kommunikations- und Präsentationstechniken erlernt und sind fähig, Thema, Planung, Präparation, Durchführung und Ergebnisse eines komplexen physikalischen Experiments unter Einhaltung von Zeitvorgaben einem physikalisch vorgebildeten Publikum vorzustellen.
Inhalte
Versuche aus dem angebotenen Kanon des Fortgeschrittenenpraktikums.
Prüfungsleistung
Eigener Vortrag im Seminar
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Theoretische Physik	PHYSIK-M1-THP
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	P	10

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Höhere Quantenmechanik	P	6	300 h	10
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	300 h	10

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihre mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft und den Überblick über physikalische Zusammenhänge erweitert. Sie haben dabei ihr Wissen beispielhaft auch an komplexen physikalischen Aufgabenstellungen eingesetzt und können diese auf einer wissenschaftlichen Basis analysieren und möglichst weitgehend lösen.
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernstrategie bei der Prüfungsvorbereitung im Repetitorium

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Modulprüfung zu I (Dauer: 20-45 Minuten).
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht 10 Cr in die Gesamtnote ein

Modulname		Modulcode	
Theoretische Physik		PHYSIK-M1-THP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Höhere Quantenmechanik		PHYSIK-M1-THP-HQM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch	V:40, Üb:20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
6	90 h	210 h	300 h	10 Cr

Lehrform

Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen fortgeschrittene Themen der Quantentheorie, auch im Zusammenhang mit Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Sie können Probleme wie die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Mehrteilchensysteme oder Näherungsverfahren in den Kontext von aus in der Experimentalphysik kennengelernten Effekten stellen und sie dort anwenden.

Inhalte

Streutheorie, Lippmann-Schwinger-Gleichung, S-Matrix, Resonanzzustände.
 Adiabatische Entwicklung, geometrische Phasen.
 Dirac-Gleichung, Pauligleichung und Spin.
 Quantisierung des elektromagnetischen Feldes.
 Eichprinzip und minimale Ankopplung (Aharonov-Bohm-Effekt und Flussquantisierung).
 Vielteilchentheorie, zweite Quantisierung, Erzeuger und Vernichter.
 Hamilton-Prinzip für Felder (Noether-Theorem).
 Optional: Pfadintegrale

Prüfungsleistung

Mündliche Prüfung (Dauer 30 - 45 Minuten).
 Studienleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen (Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt)

Literatur

- R. H. Landau: Quantum Mechanics II

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Hauptseminar	PHYSIK-M1-HS
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	P	3

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Wissenschaftliche Präsentation	P	2	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			2	90 h	3

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, sich in ein beliebiges physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen. Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte umfassend zu diskutieren und in mündlicher und schriftlicher Form darzustellen.
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernen, Zeitmanagement, Präsentationstechniken

Prüfungsleistungen im Modul
Studienleistung (unbenotet): Ausarbeitung und Präsentation eines wissenschaftlichen Vortrags mit anschließender Diskussion
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Das Modul ist unbenotet

Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode	
Hauptseminar	PHYSIK-M1-HS	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Wissenschaftliche Präsentation	PHYSIK-M	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Seminar
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, sich in ein beliebiges physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen. Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte umfassend zu diskutieren und in mündlicher und schriftlicher Form darzustellen.
Inhalte
Die Teilnehmer halten einen Vortrag zu einem physikalischen Thema aus dem Bereich der theoretischen oder experimentellen Physik. Einzelthemen, Anforderungen und Umfang werden zu Beginn der Veranstaltung spezifiziert. Zu leisten sind die Erarbeitung der wesentlichen Aussagen unter Ausnutzung der Recherchemöglichkeiten in wissenschaftlichen Datenbanken, die Umsetzung der Ergebnisse in eine Präsentation, die Darstellung in Form eines wissenschaftlichen Vortrags mit anschließender Diskussion der Ergebnisse und der Präsentation.
Prüfungsleistung
Studienleistung (unbenotet): Ausarbeitung und Präsentation eines wissenschaftlichen Vortrages (ca. 45 Minuten Dauer) mit anschließender Diskussion. Vortrag und Diskussion zählen für den Erfolg zu gleichen Teilen
Literatur
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Anforderungen und Kriterien:

- Abschluss des Bachelorstudiums oder zumindest der Bachelor-Arbeit
- Teilnahme an den Probevorträgen ist für Seminarteilnehmer freiwillig
- Teilnahme an den Hauptvorträgen ist für alle Teilnehmenden Pflicht.
- Vortragsdauer: ca. 45 Minuten mit anschließender Diskussion
- keine Vorführung von Videos länger als 60 s oder mit Ton
- Vortragsfolien müssen wissenschaftlichen Standard erfüllen (d.h. Referenzen angeben, Originalabbildungen, wenig Wikipedia)
- Vortragssprache: Deutsch oder Englisch

Kompetenzbereich

Forschungsnahe Vertiefung

Im Bereich *Forschungsnahe Vertiefung* können aus dem Angebot an physikalischen Vertiefungsfächern drei Module mit jeweils 9–12 Credits gebildet werden. Die Module werden aus thematisch abgestimmten Lehrveranstaltungen zusammengestellt, die noch nicht im Bachelorstudium belegt wurden. Dabei kann dieselbe Lehrveranstaltung nur einem Vertiefungsmodul zugeordnet werden. Die in diesem Modulhandbuch vorgenommene Zuordnung der Lehrveranstaltungen zu verschiedenen Forschungsgebieten dient als Orientierung und soll die Auswahl thematisch zusammenhängender Lehrveranstaltungen erleichtern. Sie stellt jedoch keine verbindliche Vorgabe für die Zusammenstellung eines Vertiefungsmoduls dar. Es ist daher auch möglich, thematisch zusammenhängende Lehrveranstaltungen aus unterschiedlichen Forschungsgebieten zu einem Vertiefungsmodul zu kombinieren. Nach Maßgabe des Prüfungsausschusses können darüber hinaus thematisch ergänzende Lehrveranstaltungen der experimentellen und theoretischen Physik zu einem gemeinsamen Vertiefungsmodul zusammengefasst werden.

Zu einem der Vertiefungsmodule muss ein Projekt bearbeitet werden. Die entsprechenden Regelungen sind im Studienplan der Prüfungsordnung festgelegt.

Mindestens zwei Vertiefungsmodule im Umfang von jeweils 9–12 Credits müssen gewählt und mit einer benoteten Modulprüfung abgeschlossen werden. Diese beiden Modulprüfungen sind Bestandteil der Masterprüfung (§ 15 Abs. 1 Buchst. b PO). Die Credits werden nach erfolgreichem Abschluss der jeweiligen Modulprüfung vergeben. Die Noten der benoteten Vertiefungsmodule gehen entsprechend der jeweiligen Anzahl der Credits in die Gesamtnote ein (§ 27 Abs. 1 PO).

Über die beiden verpflichtenden Vertiefungsmodule hinaus können weitere Vertiefungsmodule gebildet und damit zusätzliche Credits erworben werden. Auch diese Module werden mit einer benoteten Modulprüfung abgeschlossen. Die Noten dieser zusätzlichen Vertiefungsmodule gehen jedoch nicht in die Gesamtnote ein, sofern es sich um Leistungen über die für den Studienabschluss erforderlichen Prüfungsleistungen hinaus handelt. Die entsprechenden Modulnoten und erworbenen Credits werden im Zeugnis ausgewiesen (§ 29 Abs. 1 PO). Bei der Vergabe des Gesamtprädikats „mit Auszeichnung bestanden“ werden gemäß § 27 Abs. 4 PO allerdings die in den Kompetenzbereichen „Erweiterte Grundlagen der Physik“ und „Forschungsnahe Vertiefung“ erhaltenen Noten berücksichtigt.

Modulname	Modulcode
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	Wochen	WP	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
Mindestens zwei Lehrveranstaltungen und ein Projekt müssen gewählt werden. Nicht alle werden in jedem Studienjahr angeboten, siehe Vorlesungsverzeichnis und Aushänge.					
Forschungsgebiet Oberflächenphysik					
I	Grundlagen der Oberflächenphysik	WP	2	60 h	3
II	Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik I: Struktur	WP	2	60 h	3
III	Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik II: Elektronische Eigenschaften	WP	2	60 h	3
IV	Vakuumtechnik und Dünnschichttechnologie	WP	2	60 h	3
Forschungsgebiet Magnetismus					
	Grundlagen des Magnetismus	WP	2	60 h	3
	Magnetische Nanostrukturen	WP	2	60 h	3
	Magnetooptik	WP	2	60 h	3
	Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik	WP	2	60 h	3
	Experimentelle Grundlagen der Spinelektronik	WP	2	60 h	3
Forschungsgebiet Halbleiterphysik / Angewandte Festkörperphysik					
	Grundlagen der Halbleiterphysik	WP	2	60 h	3
	Halbleiteroptik und -quantenstrukturen	WP	2	60 h	3
	Moderne Halbleiterbauelemente	WP	2	60 h	3

	Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik	WP	2	60 h	3
	Photonik	WP	2	60 h	3
Forschungsgebiet Astrophysik					
	Grundlagen der Astrophysik	WP	2	60 h	3
	Planetenentstehung	WP	2	60 h	3
Forschungsgebiet Optik					
	Grundlagen der Optik	WP	2	60 h	3
	Laserphysik	WP	2	60 h	3
	Integrierte Optik, Faseroptik	WP	2	60 h	3
	Nichtlineare Optik	WP	2	60 h	3
	Ultrakurzzeitphysik	WP	2	60 h	3
Projektarbeit zu den vom Studierenden gewählten Veranstaltungen.					
	Projekt	P	2	60 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	270 h	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden werden an den Forschungshorizont der Experimentellen Physik herangeführt. Sie können die Begriffe und einschlägigen Methoden korrekt anwenden und kennen die grundlegenden experimentellen Techniken
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung (Dauer: 20-45 Minuten) über zwei Lehrveranstaltungen aus dem angebotenen Wahlpflichtkanon und ein Projekt zu einer der beiden Lehrveranstaltungen im Gesamtumfang von 9 Cr.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht von 9 Cr in die Gesamtnote ein

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Grundlagen der Oberflächenphysik		PHYSIK-M1-VT -GOFL	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Oberflächenphysik.
Inhalte
Historische Einführung, atomare, elektronische und vibronische Struktur von Oberflächen, Mechanismen der Strukturbildung: Rekonstruktion und Relaxation, Herstellung reiner Oberflächen, Oberflächenzustände und elementare Anregungen, optische Eigenschaften, Phasenübergänge, Austrittsarbeit und Emissionsprozesse, Wechselwirkung mit Teilchen, chemische Reaktionen, Adsorption, Wachstum, Katalyse, Halbleiteroberflächen, Experimentelle Methoden.
Prüfungsleistung
mündliche Modulprüfung über zwei Lehrveranstaltungen und ein Projekt zu einer der beiden Lehrveranstaltungen
Literatur
• Desjonqueres, Spanjaard: Concepts in Surface Physics • Henzler, Göpel: Oberflächenphysik des Festkörpers • Lüth: Surfaces and Interfaces of Solids • Somorjai: Introduction to Surface Chemistry and Catalysis • Zangwill: Physics at Surfaces
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik I: Struktur	PHYSIK-M1-VT -OFL1	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Methoden zur Strukturaufklärung von Oberflächen.
Inhalte
Röntgenbeugung, Elektronenbeugung, Ionenstreuung, Rastersondenverfahren, optische Techniken, spezielle Verfahren.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Desjonqueres, Spanjaard: Concepts in Surface Physics • Henzler, Göpel: Oberflächenphysik des Festkörpers • Lüth: Surfaces and Interfaces of Solids • Somorjai: Introduction to Surface Chemistry and Catalysis • Zangwill: Physics at Surfaces
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik II: Elektronische Eigenschaften	PHYSIK-M1-VT-OFL2	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Methoden zur Bestimmung der elektronischen Eigenschaften von Festkörperoberflächen
Inhalte
Elektronenzustände an Oberflächen, projizierte Bandstruktur, Raumladungsschichten an Oberflächen, Photoelektronenspektroskopie, Augerelektronenspektroskopie, Tunnelspektroskopie, optische Spektroskopietechniken, spezielle Techniken.
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
- Desjonqueres, Spanjaard: Concepts in Surface Physics - Henzler, Göpel: Oberflächenphysik des Festkörpers - Lüth: Surfaces and Interfaces of Solids - Somorjai: Introduction to Surface Chemistry and Catalysis - Zangwill: Physics at Surfaces
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Grundlagen des Magnetismus	PHYSIK-M1-VT-GMAG	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse des Magnetismus.
Inhalte
Atomarer Magnetismus: Spin, magn. Moment, Diamagnetismus, Paramagnetismus, magnetische Ordnung im Festkörper, magnetische Anisotropie, magnetische Strukturen, Magnetodynamik, magnetische Anregungen, magnetische Kopplungsphänomene, Spinelektronik, Darstellung von Anwendungsbeispielen, Ausblick Nanomagnetismus: Nanopartikel, ultradünne Filme und magnetische Moleküle.
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Ch. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenbourg Verlag München Wien) • H. C. Siegmann, J. Stöhr; Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics (Springer Verlag) • R. C. O'Handley, Modern Magnetic Materials: Principles and Applications (Wiley & Sons) • W. Nolting, Quantentheorie des Magnetismus 1 und 2 (Teubner Studienbücher Physik) • H. Lueken, Magnetochemie (Teubner Studienbücher Physik) • B. Heinrich, J.A.C. Bland, Ultrathin Magnetic Structures I-IV (Springer Verlag) • H. Kronmüller und S. Parkin, Handbook of Magnetism and Advanced Magnetic Materials (Wiley & Sons)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname			Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik			PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname			Veranstaltungscode	
Magnetische Nanostrukturen			PHYSIK-M1-VT-MAGN	
Lehrende/r			Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik			Physik	WP
Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache		Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch		15
SWS	Präsenzstudium	Selbststudium		Aufwand Credits
2	30 h	60 h		90 h 3 Cr
Lehrform				
Vorlesung				
Lernergebnisse / Kompetenzen				
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der magnetischen Nanostrukturen.				
Inhalte				
Übersicht der Herstellungsmethoden (Organometallische Synthese, Elektronenstrahl-lithographie, Gasphasen-Synthese, Molekularstrahlepitaxie, Laserablation); Eigenschaften niedrigdimensionaler Magnete (größenabhängige physikalische Eigenschaften, elektronische Struktur, Spinwellenspektrum, Magnetische Anisotropie und Magnetisierung); temperaturabhängige Phänomene (Superparamagnetismus, „Blocking“ Temperatur als dynamische Größe, magnetische Relaxation); kollektive Phänomene (magnetische dipolare Wechselwirkung, Austauschwechselwirkung in einer Matrix, Superferromagnetismus); Messmethoden (Röntgenzirkulardichroismus, Magnetkraftmikroskopie, Spinpolarisierte Rastertunnelmikroskopie, orts aufgelöste magnetische Resonanz Spektroskopie); Anwendungen (magnetische Datenspeicher und Sensoren, biomedizinische Anwendungen in Diagnostik und Therapie).				
Prüfungsleistung				
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.				
Literatur				
• B. Heinrich, J. A. C Bland, Ultrathin Magnetic Structures IV (Applic. of Nanomagnetism), Springer 2005 • R. C. O’Handley, Modern Magnetic Materials, Principles and Applications, Wiley 2000 • W. Nolting, Quantentheorie des Magnetismus 1 und 2, Teubner 1986 • 36th Spring School 2005, Magnetism goes Nano, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Band 26 • Klabunde, Kenneth J. [Hrsg.] , Nanoscale materials in chemistry Wiley, New York 2001				
Weitere Literatur wird in der Vorlesung angegeben				
Weitere Informationen zur Veranstaltung				

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Magnetooptik	PHYSIK-M1-VT-MGOPT	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Magnetooptik.
Inhalte
Grundlagen der Wechselwirkung Photonen - Spinsysteme (elektronische Struktur, optische Übergänge, Spin-Bahn-Ww., Austausch-Ww.); Magnetooptische Effekte im sichtbaren Spektralbereich (Kerr u. Faraday-Effekt); Magnetooptische Effekte höherer Ordnung (Cotton-Mouton, Voigt, etc.); Erzeugung u. Eigenschaften von Synchrotronstrahlung; Magnetischer Röntgen-Zirkulardichroismus (XMCD), Magnetischer Röntgen-Lineardichroismus (XMLD), Resonante magnetische Streuung im weichen Röntgenbereich, Kernresonante magnetische Streuung, Abbildende magnetooptische Verfahren (Kerr Mikroskopie, Röntgenmikroskopie, Lensless imaging, etc.), Mikrowellenspektroskopie und –mikroskopie (Spinwellen Resonanz), Brillouinlichtstreuung
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• D. Attwood, Soft X-Rays and Extreme Ultraviolet Radiation: Principles and Applications (Cambridge University Press, Cambridge, 2007) • A. Hubert and R. Schäfer, Magnetic Domains (Springer-Verlag, Berlin, 1998) • J. Stöhr and H. C. Siegmann, Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics (Springer-Verlag, Berlin, 2006)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Experimentelle Grundlagen der Spinelektronik	PHYSIK-M1-VT-SPINEXP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Spintronik.
Inhalte
Übersicht über magneto-elektronischer Effekte, deren Ursachen und technischen Anwendungen. Magnetismus von Metallen, „Design“ magnetischer Domänen, Zusammenhang von Elektronentransport und Magnetismus in Metallen, metallischen Schichtsystemen und Metal-Isolator-Schichtsystemen, Konzeption von magnetoelektronischen Sensortypen wie Magnetic Random Access Memory (MRAM-) Elementen bis hin zu Ferromagnet/Halbleiter-Hybridstrukturen (Spin-Feldeffekt-Transistor); neuere Entwicklungen: strom-induzierte Ummagnetisierungsprozesse, Spin Transfer Phänomene wie „spin-pumping“, elektrische Manipulation von Spin-Strömen; Anwendungen der Magnetoelektronik: Drehwinkel- und Längenmess-Sensoren, Lese- und Schreibköpfe von Computerfestplatten, aktive magneto-elektronische Bauelemente, nicht-flüchtige Datenspeicher (MRAM).
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
- D.D. Awschalom, D. Loss, N. Samarth, „Semiconductor Spintronics and Quantum Computation“ und „Spin Electronics“, Kluwer Academic Publishers - Supriyo Bandyopadhyay, Marc Cahay, Introduction to Spintronics by CRC Press
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Grundlagen der Halbleiterphysik	PHYSIK-M1-VT-GHL	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Halbleiterphysik.
Inhalte
Historische Bedeutung und Entwicklung von Halbleitermaterialien; Technologie der Halbleitermaterialien; festkörperphysikalische Grundlagen, elementare und Verbindungs-Halbleiter; Dotierung und Ladungsträgerstatistik; Ladungstransport in Halbleitern; Hall-Effekt; Magnetotransport; Anwendungen: Dioden, Transistoren, MOSFET.
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• K. Seeger, Semiconductor Physics • M. Grundmann, Semiconductor Physics • P.Y. Yu, M. Cardona, Fundamentals of Semiconductors • O. Madelung, Grundlagen der Halbleiterphysik
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Halbleiteroptik und –quantenstrukturen		PHYSIK-M1-VT-HLOPT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Halbleiteroptik und der Halbleiternanostrukturen.
Inhalte
Wechselwirkung Licht-Materie, Absorption-Emission und deren technologische Anwendung (CCD, LED, Diodenlaser); niedrigdimensionale elektronische Systeme; maßgeschneiderte Potentiale und Quantenstrukturen, Ladungstransport durch Quantenstrukturen, Einfluss von elektrischen und magnetischen Feldern.
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
- S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices - J.H. Davies, The Physics of Low-Dimensional Semiconductors
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Moderne Halbleiterbauelemente	PHYSIK-M1-VT-MHL	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse über moderne Halbleiterbauelemente.
Inhalte
Grundlagen der Halbleiterphysik: Kristallstruktur, Bandstruktur, Ladungstransport, thermische und optische Eigenschaften, Nichtgleichgewichtseffekte. Methoden der Planartechnologie: Kristallzucht, Epitaxie, Oxidation, Lithographie, Dotierung, Kontaktierung, Gesamtprozess. Volumenbauelemente: p-n-Kontakte, Hochfrequenz- und optoelektronische Bauelemente, Bipolarer Transistor, JFET. Grenzflächenbauelemente: Schottky-Kontakt, MOS-Diode, MOSFET, CCD. Optische Bauelemente: LED, Halbleiterlaser, Detektoren
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
S. M. Sze, Semiconductor Devices - Physics and Technology, Wiley, New York, 1985 S. M. Sze: Physics of Semiconductor Devices, Wiley, New York, 1991
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname			Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik			PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname			Veranstaltungscode	
Photonik			PHYSIK-M1-VT-PHOT	
Lehrende/r			Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik			Physik	WP
Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache		Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch		15
SWS	Präsenzstudium	Selbststudium		Aufwand Credits
2	30 h	60 h		90 h 3 Cr
Lehrform				
Vorlesung				
Lernergebnisse / Kompetenzen				
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Photonik und optisch funktionaler Nanomaterialien.				
Inhalte				
Optische Grundlagen: Strahlen-, Wellen-, Fourier-, Matrix-, Polarisationsoptik Optische Eigenschaften von Festkörpern: Dielektrische Funktion, elementare Anregungen, Akusto- und Elektrooptik Photonische Kristalle: photonische Bandstrukturen, Materialklassifizierungen durch Symmetrien; Herstellung; Selbstassemblierung Halbleiterphotonenquellen und –detektoren Grundlagen der Plasmonik und Einführung in die Metamaterialien				
Prüfungsleistung				
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.				
Literatur				
- J.D. Joannopoulos et al.: Photonic Crystals. Molding the flow of light, (Princeton Univ. Press, 2008) - B.E.A. Saleh, M.C. Teich, Grundlagen der Photonik (Wiley-VCH, 2008) L. Solymar, E. Shamonina, Waves in Metamaterials (Oxford, 2009) B. Banerjee, An Introduction to Metamaterials and Waves in Composites (CRC Press, 2011)				
Weitere Informationen zur Veranstaltung				

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Grundlagen der Astrophysik	PHYSIK-M1-VT-GASTR	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Astrophysik.
Inhalte
Beobachtungstechniken (Teleskope, Messgrößen (Astrometrie, elektromagnetische Strahlung)), Himmelsmechanik, Sternentstehung, Aufbau und Entwicklung (massearme, massereiche Sterne, Riesensterne, Schwarze Löcher, ...), Sonne, Hertzsprung-Russell Diagramm, Planetensysteme (Entstehung, Entwicklung, Besonderheiten, Sonnensystem, extrasolare Planeten, Raumsonden), interstellares Medium, Galaxien, Kosmologie, kosmische Strahlung.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
An Introduction to Modern Astrophysics, Carroll und Ostlie, Addison-Wesley, 2006
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Planetenentstehung		PHYSIK-M1-VT-PLAN	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Mechanismen und Phasen der Stern- und Planetenentstehung.
Inhalte
Molekülwolken, Gravitationskollaps, Sternentstehung, Akkretionsscheiben, protoplanetare Scheiben, Planetesimalbildung, terrestrische Planeten, Gasriesen, Extrasolare Planeten, Sonnensystem.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
Armitage, Planet Formation, Cambridge; Stahler, Palla, The Formation of Stars, Wiley-VCH
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Grundlagen der Optik	PHYSIK-M1-VT-GOPT	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Optik.
Inhalte
Historische Rolle und aktuelle Bedeutung der Optik in Wissenschaft und Technik, Reflexion und Brechung, Optische Eigenschaften der Materie, Geometrisch-optische Abbildung und Strahlenoptik, Mathematische Beschreibung von Wellen, Interferenz und Beugung, Fourier-Optik, Polarisation und Doppelbrechung, Ausblick auf moderne Gebiete der Optik: Opto-Elektronik, Photonik, Nano-Optik.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
E. Hecht, A. Zajac: Optik M. Born, E. Wolf: Principles of Optics
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Laserphysik		PHYSIK-M1-VT-LASP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Laserphysik. Kennenlernen verschiedener Lasertypen und deren Anwendungsfelder.
Inhalte
Grundzüge der Wechselwirkung von Licht mit Materie, Laser-Oszillator, Inversion/Pumpverfahren, Optische Resonatoren und Ausbreitung von Laserstrahlen, Überblick über wichtige Lasertypen, Ausgewählte Laseranwendungen
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• O. Svelto: Principles of Lasers • A. E. Siegmann: Lasers • K. Kneubühl und M. W. Sigrist: Laser • A. Yariv: Quantum Electronics (Kapitel 5 bis 13)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Halbleiteroptik und –quantenstrukturen		PHYSIK-M1-VT-HLOPT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Halbleiteroptik und der Halbleiternanostrukturen.
Inhalte
Wechselwirkung Licht-Materie, Absorption-Emission und deren technologische Anwendung (CCD, LED, Diodenlaser); niedrigdimensionale elektronische Systeme; maßgeschneiderte Potentiale und Quantenstrukturen, Ladungstransport durch Quantenstrukturen, Einfluss von elektrischen und magnetischen Feldern.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices • J.H. Davies, The Physics of Low-Dimensional Semiconductors
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Nichtlineare Optik		PHYSIK-M1-VT-NLOPT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Nichtlinearen Optik.
Inhalte
Grundlagen der nichtlinearen Optik (NO): Maxwell-Gleichungen in der NO, nichtlineare optische Suszeptibilität; nichtlineare optische Materialien; Ausgewählte Effekte der nichtlinearen Optik: Frequenzverdoppelung, Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, parametrische Lichtgeneration, induzierte Streuprozesse, der elektro-optische Effekt, Selbstphasenmodulation, Selbstfokussierung; NO an Oberflächen; Extrem-NO.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• N. Bloembergen, Nonlinear optics • Y-R. Shen, The principles of nonlinear optics • S.A. Achmanov, Problems of nonlinear optics
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Ultrakurzzeitphysik	PHYSIK-M1-VT-UKZTP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Verständnis der gängigen Methoden zur Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse. Einführung in die experimentellen Techniken im Ultrakurzzeitbereich
Inhalte
Eigenschaften und Propagation von Wellen & Wellenpaketen; dispersive Impulsformung (<i>pulse shaping</i>); Nichtlineare Optik ultrakurzer Lichtimpulse; Erzeugung ultrakurzer Laserimpulse (Modenkopplung); wichtige Lasertypen; Verstärkung ultrakurzer Lichtimpulse (<i>chirped pulse amplification</i>); experimentelle Charakterisierung ultrakurzer Lichtimpulse & Messverfahren im Ultrakurzzeitbereich (<i>pump-probe</i>); Beispiele aus der aktuellen Forschung.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• C. Rulliere: Femtosecond Laser Pulses • R. Trebino: FROG - The Measurement of Ultrashort Laser Pulses • J.-C. Diels & W. Rudolph: Ultrashort Laser Pulse Phenomena - Fundamentals, Techniques, and Applications on a Femtosecond Time Scale
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Projekt		PHYSIK-M1-VT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Projekt
Lernergebnisse / Kompetenzen
Vertiefung der in einer der Vorlesungen behandelten Lehrinhalte durch eigene Beschäftigung mit dem Stoff
Inhalte
Ein Projekt zu einer der Lehrveranstaltungen kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden, z.B. als • Übung zur Vorlesung • Seminar zur Vorlesung • Experimentelles Projekt im Labor
Prüfungsleistung
Studienleistung (unbenotet): Aktive und erfolgreiche Teilnahme als Voraussetzung für die Modulprüfung (siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT).
Literatur
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	Wochen	P	9
Voraussetzungen laut Prüfungsordnung		Empfohlene Voraussetzungen	
keine			

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
Nicht alle Veranstaltungen werden in jedem Studienjahr angeboten, siehe Veröffentlichung auf der Homepage: https://www.uni-due.de/physik/studium/stud_pruef_p.php (Vorankündigung Modul Physikalische Vertiefung)					
Forschungsgebiet Feldtheorien					
	Allgemeine Relativitätstheorie	WP	2	90 h	3
	Quantenfeldtheorie 1	WP	2	90 h	3
	Quantenfeldtheorie 2	WP	2	90 h	3
	Hydrodynamik	WP	2	90 h	3
Forschungsgebiet Theoretische Astrophysik					
	Konzepte der Astrophysik	WP	2	90 h	3
	Molekulare Astrophysik	WP	2	90 h	3
	Physik partikulärer Systeme in Umwelt- und Planetenforschung	WP	2	90 h	3
Forschungsgebiet Kondensierte Materie					
	Theoretische Oberflächenphysik: Elektronenstrukturtheorie	WP	2	90 h	3
	Theoretische Oberflächenphysik: Nichtgleichgewicht	WP	2	90 h	3
	Theorie der Phasenübergänge	WP	2	90 h	3
	Theoretische Spintronik	WP	2	90 h	3
	Supraleitung und Magnetismus	WP	2	90 h	3
	Vielteilchenphysik 1	WP	2	90 h	3
	Vielteilchenphysik 2	WP	2	90 h	3
	Quantum theory of materials	WP	2	90 h	3

Forschungsgebiet Quantenphysik					
	Gruppentheorie	WP	2	90 h	3
	Grundfragen der Quantenmechanik	WP	2	90 h	3
	Offene Quantensysteme	WP	2	90 h	3
	Quanteninformationstheorie	WP	2	90 h	3
	Quantenoptik	WP	2	90 h	3
	Quantenchaos	WP	2	90 h	3
Forschungsgebiet Rechnergestützte Physik					
	Granulare Materie	WP	2	90 h	3
	Verkehrsphysik und Zellularautomaten	WP	2	90 h	3
	Physik der Luftfahrt	WP	2	90 h	3
	Irreversible Prozesse I	WP	2	90 h	3
	Irreversible Prozesse II	WP	2	90 h	3
	Wirtschaftsphysik 1	WP	2	90 h	3
	Wirtschaftsphysik 2	WP	2	90 h	3
	Neuronale Netze und Deep Learning	WP	2	90 h	3
Projektarbeit zu den vom Studierenden gewählten Veranstaltungen.					
	Projekt	P	2	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	270 h	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden werden an den Forschungshorizont der Theoretischen Physik herangeführt. Sie können die Begriffe und einschlägigen Methoden korrekt anwenden und kennen die grundlegenden Techniken zur theoretischen Analyse, Modellierung und Simulation einschlägiger Prozesse.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung (Dauer: 20-45 Minuten) über zwei Lehrveranstaltungen aus dem angebotenen Wahlpflichtkanon und ein Projekt zu einer der beiden Lehrveranstaltungen im Gesamtumfang von 9 Cr.
Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Teilnahme am Projekt.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht von 9 Cr in die Gesamtnote ein

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theorie	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Allgemeine Relativitätstheorie	PHYSIK-M1-VT-ART	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Allgemeinen Relativitätstheorie
Inhalte
• Wiederholung Spezielle Relativitätstheorie, • Vierer-Vektoren/Tensoren, • Krummlinige Koordinaten, • Koordinaten-Transformationen, Metrik, • Kovariante Ableitung, • Christoffel-Symbole, • Krümmung, • Äquivalenz-Prinzip, • Geodäten-Gleichung, • Scheinkräfte, • Einstein-Gleichungen, • Newtonscher Limes, • Gravitations-Wellen, • Schwarzschild-Lösung (Perihel-Drehung, Lichtablenkung, Rotverschiebung), • Friedmann-Gleichungen, • Kosmologie, • Einstein-Hilbert-Wirkung, • Ausblick Quantengravitation.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• L.D. Landau & E.M. Lifschitz, Klassische Feldtheorie (Akademie-Verlag, Berlin)• C. Misner, K.S. Thorne, J. A. Wheeler, Gravitation (Freeman, San Francisco)• H. Stephanie, Allgemeine Relativitätstheorie (Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin)• R.M. Wald, General Relativity (Chicago UP, Chicago and London) |
| Weitere Informationen zur Veranstaltung |
| Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird. |

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Quantenfeldtheorie 1	PHYSIK-M1-VT-QF1	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
• Lagrange-Formalismus für Felder, • Funktional-Ableitung, • Noether-Theorem für Felder, • Poisson- und Dirac-Klammern • Darstellungen der Lorentz-Gruppe und Spin, • Eichinvarianz • nicht-Abelsche Eichung: Yang-Mills-Felder, • Ausblick: Standard-Modell
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung
Literatur
• C. Itzykson & J.-B. Zuber: Quantum Field Theory • A. Zee: Quantum Field Theory in a Nutshell • S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields I+II+III (Cambridge) • T. Kugo, Eichtheorie (Springer)
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Quantenfeldtheorie 2	PHYSIK-M1-VT-QF2	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
• Feldquantisierung, • Spin-Statistik-Theorem, • Greensche Funktionen, • Wick-Theorem, • Störungstheorie, • Feynman-Diagramme, • Renormierung.
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung
Literatur
• C. Itzykson & J.-B. Zuber: Quantum Field Theory • A. Zee: Quantum Field Theory in a Nutshell • S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields I+II+III (Cambridge) • T. Kugo, Eichtheorie (Springer)
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Molekulare Astrophysik - Molecular Astrophysics		
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb von Grundkenntnissen über molekulare Astrophysik
Inhalte
• interstellare Medien, • chemische Prozesse in astrophysikalischem Gas, • kinetische Chemie, • Strahlungstransport, • Beobachtungsspektroskopie, • chemische Modellierung, • theoretische Astrochemie, • astrophysikalische Kornkatalyse
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Astrochemistry: Chemistry in Interstellar and Circumstellar Space, Williams and Cecchi-Pestellini, 2023, Royal Society of Chemistry
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Konzepte der Astrophysik		
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Begriffe, Theorien und Modelle sowie die einschlägigen Methoden moderner Physik ... kennen die grundlegenden theoretischen Konzepte, mathematischen Techniken bzw. numerischen Verfahren moderner Physik ... lösen Problemstellungen in exemplarischen Themengebieten.
Inhalte
• Dieser Kurs nimmt die Teilnehmenden mit auf eine Reise zu den astronomischen Objekten unserer sub-galaktischen Nachbarschaft sowie den ablaufenden astrophysikalischen Phänomenen. Der primäre Fokus der Veranstaltung liegt auf der Physik der astronomischen Objekte, weniger auf beobachtende Astronomie. • Genauer betrachtet werden fundamentale Methoden und theoretische Konzepte, angewandt auf astrophysikalische Objekte und Phänomene. • Objekte: Sonnensystem, Sterne, Braune Zwerge, (Exo-)Planeten, Schwarze Löcher, Neutronensterne, Weiße Zwerge, Akkretionsscheiben, Interstellares Medium, ... • Phänomene: Gravitation, Gezeiten, Drehimpuls, Akkretion, Ausflüsse und Jets, Strahlung, Magnetfelder, Hydrostatik und Hydrodynamik, ...
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung
Literatur

- Harwit: „Astrophysical Concepts“
- Owocki: „Fundamentals of Astrophysics“
- Basu & Sharma: „Essential Astrophysics“
- Carroll & Ostlie: „An Introduction to Modern Astrophysics“
- Unsöld & Baschek: „Der neue Kosmos“
- Weigert, Wendker, & Wisotzki: „Astronomie und Astrophysik: Ein Grundkurs“
- Voigt: „Abriss der Astronomie“

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Die Prüfungsform kann zu Beginn der Veranstaltung geändert werden. Diese Vorlesung ist polyvalent zu den Physik-Lehramtsstudiengängen.

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Physik partikulärer Systeme in Umwelt- und Planetenforschung		
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Physik partikulärer Systeme in der Umwelt- und Planetenforschung.
Inhalte
• Granulare Gase (Haffsches Gesetz für Kollisionskühlung, Clusterinstabilität, Einfluss elektrostatischer Ladungen); • Sedimenttransport in der atmosphärischen Grenzschicht; • Physik der Sanddünen; • Erdrutsche und Lawinen; • Partikel in Flüssigkeiten, Pasten und Suspensionen; • Anwendungen in der Weltraum- und Planetenforschung
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung
Literatur
• H. Hinrichsen, D. E. Wolf: „The Physics of Granular Media“ (Wiley-VCH) • R. Bagnold, “The Physics of Blown Sand and Desert Dunes” (Methuen, London) • B. Andreotti, Y. Forterre, O. Pouliquen: “Granular Media: Between Fluid and Solid” (Cambridge University Press) Weitere Literatur wird vom Dozierenden in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Zusätzlich zur Vorlesung kann ein Projekt belegt werden.

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Theoretische Oberflächenphysik – Elektronenstrukturtheorie	PHYSIK-M1-VT-TOFL1	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sollen in der Lage sein, die Relevanz der Werkzeuge aus verschiedenen Gebieten der Theoretischen Physik (Quantentheorie, statistische Physik) für Fragestellungen der Oberflächenphysik zu erkennen. Sie sollen in der Lage sein, damit Fragen zur Energetik und Thermodynamik von freien und adsorbatbedeckten Oberflächen zu beantworten, die Dynamik und Kinetik von Adsorptions- und Desorptionsprozessen kennen, und Zusammenhänge zu technisch relevanten Phänomenen (Katalyse, chemical vapor deposition) herstellen können.
Inhalte
• Einführung in die Kristallographie von Oberflächen • Thermodynamik von reinen und adsorbatbedeckten Oberflächen: Oberflächenenergie und –spannung, Wulff-Konstruktion • Physikalische Interpretation der Oberflächenenergie anhand von Näherungen (z.B. effective-medium-Theorie) • elektronische Oberflächenzustände • Rekonstruktion von Halbleiter-Oberflächen und ihre elektronische Struktur • Theorie der Adsorption und der Reaktivität von Oberflächen • Kinetische und dynamische Beschreibung von chemischen Reaktionen an Oberflächen • Kinetik am Beispiel der Desorption und Diffusion auf Oberflächen • Anwendungen auf Katalyse und CVD-Abscheidung
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.

Literatur
• A. Gross, Theoretical Surface Science: a microscopic perspective, Springer, 2003. • F. Bechstedt, Principles of Surface Physics, Springer, 2003. • A. Zangwill, Physics at surfaces, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Theoretische Oberflächenphysik – Nichtgleichgewicht	PHYSIK-M1-VT-TOFL2	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die physikalischen Grundlagen amorphen und kristallinen Wachstums, sowie der Herstellung von Heteroschichtsystemen und des Sinterns von Pulvern. Sie können mikroskopische Modelle zu dieser Thematik aufstellen und simulieren.
Inhalte
• Wachstumsform (Frank-Theorem), • Dendritisches Wachstum, • Fraktale, • atomare Diffusion und Wechselwirkungen an Oberflächen, • Molekularstrahlepitaxie, • Verspannungseffekte bei Heteroepitaxie, • Wachstumsinstabilitäten, • Kinetische Aufrauhung, • Sintern, • Simulationsmethoden (Kinetische Monte Carlo-Simulation).
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Pimpinelli, Villain: Physics of Crystal Growth • Michely, Krug: Islands, Mounds and Atoms • Barabasi, Stanley: Fractal Concepts in Surface Growth
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Theorie der Phasenübergänge	PHYSIK-M1-VT-TPHS	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse zur Beschreibung von Phasenübergängen und kritischen Phänomenen.
Inhalte
• Phasendiagramme, • stetige und unstetige Phasenübergänge, • kritische und multikritische Punkte, • Landau-Theorie, • phänomenologische Skalentheorie, • Einführung in die Renormierungsgruppe
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Binney et al.: The Theory of Critical Phenomena, • Stanley: Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena, • Fischer: Scaling, Universality and Renormalization Group Theory, in: Critical Phenomena Vol.186 (Springer 1983)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Theoretische Spintronik	PHYSIK-M1-VT-SPINTH	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Kenntnisse über spinabhängigen Transport durch nanostrukturierte Bauelemente
Inhalte
• Grundlagen des spinabhängigen Transports • Magnetowiderstandseffekte • Spinventile • Quantenpunkte • Spin-Bahn-Wechselwirkungseffekte • Ballistischer und diffusiver Transport • Spintransport • Exkurs über numerische Methoden
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• R. Waser (ed.): Nanoelectronics and Information Technology
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Supraleitung und Magnetismus	PHYSIK-M1-VT-SUPM	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse über Supraleitung und kollektiven Magnetismus und deren theoretische Beschreibung und Erklärung.
Inhalte
• Supraleitung: experimentelle Befunde, Cooper-Paare, BCS-Theorie, Ginzburg-Landau-Theorie, Tunneleffekte mit Supraleitern, Josephson-Effekte • Magnetismus: Austauschwechselwirkung, Spin-Gitter-Modelle, Molekularfeld-Näherung, Magnonen, Band-Ferromagnetismus
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• G. Czycoll: Theoretische Festkörperphysik • N.W. Ashcroft, N.D. Mermin: Solid State Physics • L.D. Landau, E.M. Lifschitz: Lehrbuch der Theoretischen Physik, Band 9
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Vielteilchenphysik 1		PHYSIK-M1-VT-VIELT1	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
• Wiederholung zweite Quantisierung und Quantenstatistik • Vielteilchen-Modellsysteme; Molekularfeldtheorie • Theorie der linearen Antwort
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• A.L. Fetter, J.D. Walecka, Quantum Field Theory of Many Particle Systems • W. Nolting Grundkurs Theoretische Physik 7: Vielteilchen-Theorie • J.W. Negele, H. Orland Quantum Many-Particle Systems • G.D. Mahan, Many-particle physics • H. Bruus, K. Flensberg: Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Vielteilchenphysik 2		PHYSIK-M1-VT-VIELT2	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
- Greensche Funktionen - diagrammatische Störungstheorie für $T=0$; diagrammatische Störungstheorie für $T>0$ - Keldysh-Technik für Nichtgleichgewicht
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
- A.L. Fetter, J.D. Walecka, Quantum Field Theory of Many Particle Systems W. Nolting Grundkurs Theoretische Physik 7: Vielteilchen-Theorie - J.W. Negele, H. Orland Quantum Many-Particle Systems - G.D. Mahan, Many-particle physics H. Bruus, K. Flensberg: Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Quantum Theory of Materials			
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Englisch	10

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand Credits
2	30 h	60 h	90 h 3 Cr

Lehrform
Vorlesung (2 SWS); Projekt (2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der theoretischen Beschreibung von Quantenmaterialien.
Inhalte
• Elektronische Struktur und emergente Eigenschaften von Quantenmaterialien, • Symmetrien und Topologie elektronischer Zustände, • Quantenmagnetismus und frustrierte magnetische Systeme, • niedrigdimensionale und van-der-Waals-Quantenmaterialien, • Gitterdynamik und Elektron-Phonon-Wechselwirkung, • elektronische und thermische Transporteigenschaften einschließlich topologischer Beiträge, • moderne experimentelle Methoden zur Charakterisierung von Quantenmaterialien, • aktuelle Anwendungen und Perspektiven.
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung
Literatur

- S. M. Girvin and K. Yang, Modern Condensed Matter Physics
- E. Kaxiras and J. D. Joannopoulos, Quantum Theory of Materials
- D. Vanderbilt, Berry Phases in Electronic Structure Theory: Electric Polarization, Orbital Magnetization and Topological Insulators
- P. Avouris, T. F. Heinz and T. Low, 2D Materials: Properties and Devices
- A. Avella and F. Mancini, Strongly Correlated Systems: Experimental Techniques

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Diese Lehrveranstaltung kann durch ein Projekt ergänzt werden, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Neuronale Netze und Deep Learning			
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb fortgeschrittener Kenntnisse zu neuronalen Netzen.
Inhalte
• Mathematical basics; • Hopfield networks and statistical physics; • The multilayer perceptron; • Deep neural networks; • Training with backpropagation; • Autoencoder; • Convolutional neural networks; • Recurrent neural networks; • Long short-term memory; • Transformer; • Quantum neural networks; • Discussion and Outlook
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT
Literatur
• Goodfellow et al., Deep Learning, https://www.deeplearningbook.org • M. Nielson, http://neuralnetworksanddeeplearning.com/ Weitere Literatur wird in der Vorlesung angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Grundkenntnisse in statistischer Physik, Mathematik und Programmierung in Python werden vorausgesetzt.

Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte mit Python und TensorFlow geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Gruppentheorie		PHYSIK-M1-VT-GRT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
• Allgemeines zu Gruppen, endliche Gruppen, Lie-Gruppen und Lie-Algebren, Dreh- und Matrixgruppen, Darstellungen von Gruppen, • Gruppentheorie und Quantenmechanik, • Gruppentheorie in der Elementarteilchenphysik, • Cartan-Klassifizierung halbeinfacher Lie-Gruppen, Dynkin-Diagramme • Anwendungen in Molekül- und Festkörperphysik
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VTlegt.
Literatur
Wird in der Vorlesung angegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Grundfragen der Quantenmechanik		PHYSIK-M1-VT-GRFQM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
• Objektivierungsproblem, Paradoxien der Quantenmechanik (EPR, Hardy, etc.), krypto-deterministische Theorien; Bell-Theorem und Tests der Nichtlokalität • Verschränkung und Verschränkungsmaße, GHZ-Zustände; Kochen-Specker-Theorem und Kontextualität; Leggett-Garg- und Cabello-Ungleichung • Dekohärenztheorie und quanten-klassischer Übergang, Zeigerzustände • Objektive Modifikationen der Quantenmechanik, Lokalisierungsmodelle; Experimentelle Tests des Superpositionsprinzips und der Nichtlokalität auf großen Skalen • Vergleich verschiedener Interpretationen der Quantenmechanik: Pragmatismus, Operationalismus, Everett, Bohm-de Broglie, Consistent Histories, etc.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Frank Laölé: Do We Really Understand Quantum Mechanics? (Cambridge UP)
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Offene Quantensysteme		PHYSIK-M1-VT-OQS	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
• Dichtematrix-Formalismus; Axiomatische Beschreibung offener Quantendynamik • Quanten-Mastergleichungen: Quanten-Markov-Prozess, dynamische Halbgruppen, Lindblad-Gleichung • Mikroskopische und phänomenologische Herleitungen: Born-Markov-Näherung, Caldeira-Leggett-Model, Einfluss-Funktional • Brownsche Bewegung, Quanten-Boltzmann-Gleichung, Dekohärenztheorie • Stochastische Prozesse im Hilbertraum; Stochastische Schrödingergleichungen, Quantentrajektorien, Quanten-Monte-Carlo-Methoden • Projektions-Techniken (Nakajima-Zwanzig-Gleichung) und nicht-Markovsche Prozesse
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• H.-P. Breuer & F. Petruccione: The Theory of Open Quantum Systems
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Quanteninformationstheorie		PHYSIK-M1-VT-QIT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
• Klassische Bits, Shannon-Entropie, Landauer-Prinzip, reversible Computer • Quanten-Bits, Bloch-Kugel, von-Neumann-Entropie, Quantenoperationen • No-cloning- und Ununterscheidbarkeits-Theorem, Quanten-Kryptographie • Teleportation, Quantenkommunikation, Verschränkung, Quantenkanäle, Quanten-Fehler-Korrektur, superdichte Kodierung • Quanten-Computer: Universelle Quantengatter (Hadamard, Quanten-XOR etc.), Algorithmen (Simon, Grover, Shor etc), messbasierte Quantenrechner, adiabatische Quantenalgorithmen, Quanten-Simulatoren. • Physikalische Implementierung: DiVincenzo-Kriterien, Ionenfallen, Nanoelektronik, etc.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• M.A. Nielsen & I.L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Quantenoptik	PHYSIK-M1-VT-QOPT	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
• Quantisierung des elektromagnetischen Feldes • Kohärente und gequetschte Zustände; nichtklassische Strahlungsfelder; Darstellung von Feldzuständen; Lasertheorie; Kohärenz von Quantenfeldern, Photodetektion • Interferometrie mit Einzelphotonen und nichtklassischem Licht • Wechselwirkung mit Atomen; Absorption, Emission und Streuung von Licht • Atome und Strahlungsfelder in Kavitäten, Offene Dynamik von Zwei-Niveau-Systemen • Nichtlineare Optik, Dispersionsmanagement, Solitonen; Optomechanik
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• G. S. Agarwal, Quantum Optics • M.O. Scully & M.S. Zubairy, Quantum Optics
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Quantenchaos	PHYSIK-M1-VT-QCHS	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Bedeutung chaotischer Phänomene in Quantensystemen, Zusammenhang mit dem klassischen Chaos, universelle Beschreibung mit statistischen Modellen.
Inhalte
• Erinnerung an die Hamiltonsche Mechanik • Integrabilität und Chaos in der klassischen Mechanik • Eigenwertstatistik als Signatur chaotischen Verhaltens in der Quantenmechanik • Beispiele wie Billards und Wasserstoffatom im starken Magnetfeld • Zufallsmatrixtheorie • Klassisches versus Quantenchaos: Vermutung von Bohigas, Giannoni und Schmit • Semiklassik und periodische Bahnen • Pfadintegrale sowie Gutzwiller- und Berry-Tabor-Spurformeln
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Haake: Quantum Signatures of Chaos • Stöckmann: Quantum Chaos
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Granulare Materie	PHYSIK-M1-VT-GRAN	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Kenntnis der Phänomenologie, Theorie, Modellierung und Simulation granularer Materie. Beherrschung einschlägiger Simulationsmethoden (Molekulardynamik, Kontaktdynamik).
Inhalte
• Abgrenzung granularer Materie gegenüber Flüssigkeiten und Festkörpern; • Kontaktgesetze (Hertzscher Kontakt, Restitutionskoeffizient, Reibung); • Statik und Fluktuationen (Hagen-Janssen-Effekt, Fabric-Tensor, Druckfluktuationen, Porosität); • Rheologie (Reynoldsche Dilatanz, Mohr-Coulomb-Theorie, Scherbänder, Prinzip minimaler Dissipation, Lawinen, Stratifikation, Entmischung); • Granulare Gase (Kollisionskühlung, Clusterinstabilität, Aufladungserscheinungen); Suspensionen (Viskosität, Bagnold-Gesetz, Colloide, Aggregation); Simulationsmethoden.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Hinrichsen, Wolf: The Physics of Granular Media • Herrmann, Hovi, Luding: Physics of Dry Granular Media
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Verkehrsphysik und Zellularautomaten	PHYSIK-M1-VT-VPH	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden verstehen die Grundlagen der Aufnahme und Analyse von Verkehrsdaten, Phänomenologie der Verkehrszustände und der Modellbildung von Verkehrsdynamik. Sie können diese Kenntnisse in der Modellbildung mit Zellularautomaten in verwandten Systemen anwenden.
Inhalte
• Datenerhebung, Daten-Analyse und Identifikation von Verkehrsphasen • Modellbildung: makro-, meso- und mikroskopisch • Zellularautomatenmodelle im Verkehr • Analytische Ergebnisse von Simulationen • Beziehung zu verwandten verkehrlichen Systemen • Anwendung von Zellularautomaten in weiteren dynamischen Systemen
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• B. S. Kerner: The Physics of Traffic • D. Chowdury, L. Santen, A. Schadschneider: Statistical Physics of Vehicular Traffic and some related Systems
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname			Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik			PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname			Veranstaltungscode	
Irreversible Prozesse 1			PHYSIK-M1-VT-IRP1	
Lehrende/r			Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik			Physik	WP
Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache		Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch		15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben eine Vorstellung vom Ursprung der Irreversibilität der Naturprozesse. Sie können Basiskonzepte der statistischen Physik des Nichtgleichgewichts und der Transporttheorie anwenden.
Inhalte
• Poincaré-Zyklus, • Onsager-Theorie, • Lineare Response-Theorie, • Brown'sche Bewegung, • Einstein-Beziehung, • Langevin- und Fokker-Planck-Gleichung.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Schwabl: Statistische Mechanik • Brenig: Statistische Theorie der Wärme • Reif: Thermal and Statistical Physics. • Becker: Theorie der Wärme, Kap. VI, VII • Reif: Thermal and Statistical Physics • Reichl: A Modern Course in Statistical Physics • Gardiner: Handbook of Stochastic Methods
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode		
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT		
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode		
Irreversible Prozesse 2		PHYSIK-M1-VT-IRP2		
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)	
Dozierende der Physik		Physik	WP	
Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße	
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15	
SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr
Lehrform				
Vorlesung				
Lernergebnisse / Kompetenzen				
Die Studierenden kennen Nichtgleichgewichtsprozesse der Festkörperphysik und können sie quantenmechanisch analysieren.				
Inhalte				
• Boltzmann-Gleichung, • Thermoelektrische Koeffizienten, • ballistischer und diffusiver Transport.				
Prüfungsleistung				
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.				
Literatur				
• Datta: Electronic Transport in Mesoscopic Systems. Weitere aktuelle Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.				
Weitere Informationen zur Veranstaltung				

Modulname		Modulcode		
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT		
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode		
Wirtschaftsphysik 1		PHYSIK-M1-VT-WIP1		
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)	
Dozierende der Physik		Physik	WP	
Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße	
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15	
SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr
Lehrform				
Vorlesung				
Lernergebnisse / Kompetenzen				
Anwendung physikalisch-quantitativer Methoden auf Wirtschafts- und Finanzwissenschaft, Grundkonzepte des Risikomanagements				
Inhalte				
Einige Grundbegriffe der Wirtschafts- und Finanzwissenschaft Statistische Modellierung, stochastische Prozesse und Aktienpreisverteilungen Finanzderivate, Optionspreisbewertung, Black-Scholes-Theorie				
Prüfungsleistung				
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.				
Literatur				
• Guhr, Schäfer: Econophysics • Mantegna, Stanley: Introduction to Econophysics • Bouchaud, Potters: Theory of Financial Risk				
Weitere Informationen zur Veranstaltung				

Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Wirtschaftsphysik 2	PHYSIK-M1-VT-WIP2	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Anwendung physikalisch-quantitativer Methoden auf Wirtschafts- und Finanzwissenschaft, fortgeschrittene Konzepte der Modellbildung
Inhalte
Korrelationen zwischen Aktienkursen Portfoliooptimierung und Risikomanagement Spekulative Theorien
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• Guhr, Schäfer: Econophysics • Mantegna, Stanley: Introduction to Econophysics • Bouchaud, Potters: Theory of Financial Risk
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Vorlesung baut auf Wirtschaftsphysik 1 auf.

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Hydrodynamik		
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung (wahlweise + Projekt „Numerische Hydrodynamik“)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der theoretischen (und numerischen) Hydrodynamik
Inhalte
Vorlesung Theoretische Hydrodynamik: Anwendungs- und Geltungsbereich der Hydrodynamik, Bernoulli-Gleichung, Bewegungsgleichungen (Euler-Bild und Lagrange-Bild, Erhaltungssätze), Navier-Stokes-Gleichungen, Diffusion, Instabilitäten, Schocks.
Projekt Numerische Hydrodynamik: Diskretisierung von Zeit und Raum, Finite-Volumen-Verfahren, Randwertbedingungen, Implementierung von Lösungsverfahren
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• L. D. Landau, E. M. Lifschitz: Hydrodynamik (Lehrbuch der theoret. Physik, Band VI) • E. F. Toro: Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics • S. N. Shore: Astrophysical Hydrodynamics
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Physik der Luftfahrt		PHYSIK-M1-VT-PDL	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind mit den Grundlagen der Physik des Fliegens und der Aerodynamik vertraut. Sie können die Grundkenntnisse in der Navigation und den Ansätzen zur Optimierung der Verkehrsabläufe in der Luftfahrt anwenden.
Inhalte
• Allgemeine Luftfahrzeugkunde • Physikalische Grundlagen des Fliegens • Instrumentenkunde • Navigation • Flugverkehrskontrolle und Optimierung
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
• H. Lührs: Advanced PPL-Guide Band 1-3 • R. Stünkel: Inside Cockpit: Piloten - Technik - Teamwork
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Projekt		PHYSIK-M1-VT-P	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Vertiefung der in einer der Vorlesungen behandelten Lehrinhalte durch eigene Beschäftigung mit dem Stoff
Inhalte
Ein Projekt zu einer der Lehrveranstaltungen kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden, z.B. als • Übung zur Vorlesung • Seminar zur Vorlesung • Theoretisches Projekt in der Arbeitsgruppe
Prüfungsleistung
Studienleistung (unbenotet): Aktive und erfolgreiche Teilnahme als Voraussetzung für die Modulprüfung (siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT).
Literatur
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

Kompetenzbereich

Interdisziplinäres Umfeld

Die im folgenden aufgeführten Module sind nur Beispiele. In Absprache mit dem Prüfungsausschuss können weitere Module im Umfang von jeweils 6 Cr aus thematisch zusammenhängenden Lehrveranstaltungen eines Faches aus dem interdisziplinären Umfeld der Physik zusammengestellt werden, welche nicht bereits Gegenstand des Physikstudiums sind. Ein Modul aus dem interdisziplinären Umfeld wird mit (benoteten oder unbenoteten) Studien- oder Prüfungsleistungen nach Maßgabe der lehrenden Fakultät abgeschlossen. Gemäß § 15 Abs. 1 Buchstabe c PO sind neben den Pflichtmodulen insgesamt 24 Credits in den Bereichen *Hauptseminar*, *Praktikum für Fortgeschrittene*, *Physikalische Vertiefung* und *Interdisziplinäres Umfeld* zu erwerben. Hiervon entfallen 3 Cr auf das Hauptseminar, im Fortgeschrittenenpraktikum müssen mindestens 9 Cr erworben werden. Die restlichen 12 Cr können wahlweise durch weitere Vertiefungsmodule oder durch Module aus dem Interdisziplinären Umfeld erworben werden.

Bitte beachten Sie bei der Planung Ihres Studiums, dass die Bildung von Modulen, welche nicht in der folgenden Auflistung enthalten sind, in jedem Fall mit dem Prüfungsausschuss abgesprochen werden muss. Ebenfalls muss sichergestellt werden, dass die gewählten Lehrveranstaltungen in den entsprechenden Fakultäten für Studierende des Masterstudiengangs Physik zugänglich sind. Bitte wenden Sie sich hierzu direkt an die Lehrenden der jeweiligen Veranstaltung. Sofern keine besondere Absprache hinsichtlich der Prüfungsmodalitäten für Physikstudierende getroffen wird, gelten die Prüfungsmodalitäten der jeweiligen Fächer auch für Studierende des Masterstudiengangs Physik. Sofern die einzelnen Veranstaltungen eines Moduls mit einer benoteten Studien- oder Prüfungsleistung abgeschlossen werden, wird die Modulnote als gewichtetes Mittel entsprechend § 28 PO gebildet. Die Modulnoten aus dem Kompetenzbereich *Interdisziplinäres Umfeld* gehen nicht in die Gesamtnote ein und werden bei der Entscheidung über eine Auszeichnung (§ 27 Abs. 4 PO) ebenfalls nicht berücksichtigt, werden aber im Zeugnis (§ 29 PO) aufgeführt.

Modulname	Modulcode
<i>Thermoelektrik</i>	PHYSIK-M1-TE
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Schierning, Wolf	Ing. Wiss., Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Thermoelektrik	WP	2	90 h	3
II	Praktikum zur Thermoelektrik	WP	2	90	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			4	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis der Funktionsweise thermoelektrischer Materialien, können Konzepte und Methoden auf diesem Gebiet einordnen und die für die Thermoelektrik relevante Messtechnik anwenden.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode	
Thermoelektrik	PHYSIK-M1-TE	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Thermoelektrik	PHYSIK-M1-TE-V	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik und der Ingenieurwissenschaften	Ing. Wiss., Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch / Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Praktikum
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden beherrschen die grundlegenden Konzepte zur Thermoelektrik und kennen die Funktionsweise thermoelektrischer Materialien.
Inhalte
- Allgemeine Einführung in thermoelektrische und thermomagnetische Phänomene - elektrische und Wärmeleitfähigkeit, Seebeck- und Peltier-Koeffizient - Gütefaktor ZT - Onsagersche Transporttheorie, Kelvin-Beziehung, Boltzmann-Gleichung - elektrischer und Gitterbeitrag zur Wärmeleitfähigkeit - messtechnische Konzepte - materialwissenschaftliche Optimierungsgesichtspunkte - Nanopartikel für thermoelektrische Anwendungen - Effizienzsteigerung durch Reduzierung der Dimensionalität - Energiefilterung, Spin-Transport - Transport in Nanopartikeln, - Grenzflächenwiderstände
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung im Anschluss an Vorlesung und Praktikum
Literatur
• wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Teilnahme am Praktikum

Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode	
Thermoelektrik	PHYSIK-M1-TE	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Praktikum zur Thermoelektrik	PHYSIK-M1-TE-P	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik und der Ingenieurwissenschaften	Ing. Wiss., Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch / Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung (2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können die für die Thermoelektrik relevante Messtechnik anwenden
Inhalte
- Synthese - Probenvorbereitung - Transport-Koeffizienten - Seebeck-Koeffizient - Simulation
Prüfungsleistung
An- und Abtestate sowie 5 testierte Versuchsprotokolle als unbenotete Studienleistung
Literatur
• wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Veranstaltung findet als Blockpraktikum im Anschluss an die Vorlesung "Thermoelektrik" statt. Die o.a. Studienleistung bildet eine Prüfungsvorleistung für die mündliche Modulprüfung

Modulname	Modulcode
Theoretische Chemie	PHYSIK-M1-TC
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Chemie	Chemie

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Theoretische Chemie	WP	3	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			3	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studenten sollen ein vertieftes Verständnis moderner Methoden zur Berechnung der Elektronenstruktur entwickeln und in die Simulation molekularer Ensembles eingeführt werden, um einerseits ihre Anwendung auf realistische chemische Fragestellungen beurteilen zu können und sie andererseits auf eigenständige Anwendungen vorzubereiten. Die wichtigsten theoretischen Aspekte werden in Übungen vertieft.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur am Ende der Vorlesung
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

Modulname	Modulcode	
Theoretische Chemie	PHYSIK-M1-TC	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Theoretische Chemie	PHYSIK-M1-TC-TC	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Chemie	Chemie	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	90 h	90 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Vorlesung (2 SWS) und Übung (1SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studenten sollen ein vertieftes Verständnis moderner Methoden zur Berechnung der Elektronenstruktur entwickeln und in die Simulation molekularer Ensembles eingeführt werden, um einerseits ihre Anwendung auf realistische chemische Fragestellungen beurteilen zu können und sie andererseits auf eigenständige Anwendungen vorzubereiten. Die wichtigsten theoretischen Aspekte werden in Übungen vertieft.
Inhalte
Vertiefung Korrelationsproblem: Fermi- und Coulomb-Loch, dynamische und statische Korrelation, Korrelationscusp, Konvergenz CI-Entwicklung, R12-Idee. Vertiefung Møller-Plesset Störungstheorie. Rayleigh-Schrödinger-Störungstheorie höherer Ordnung, MP3, MP4, Diagramme, Linked-Cluster-Theorem, Größenkonsistenz. Coupled-Cluster-Theorie. Zweite Quantisierung, CCD, CCSD, CCSD(T). Linear-Response-Theorie. Zeitabhängige Störungstheorie, dynamische Polarisierbarkeiten und ihre Pole, zeitabhängige Hartree-Fock- und Dichtefunktionaltheorie. Kraftfelder. Aufbau und Parametrisierung eines Kraftfeldes. Theoretische und praktische Grundlagen der Simulation molekularer Ensembles. Ergodenhypothese, Partitionsfunktion, radiale Verteilungsfunktion, periodische Randbedingungen, minimum image convention, Ewald- und Zellmultizellmethode. Monte-Carlo-Simulation. Markov-Kette, Metropolis-Algorithmus. Molekulardynamik-Simulation. Integration der Bewegungsgleichungen, constraint dynamics, Korrelationsfunktionen, ab initio MD, Carr-Parrinello.
Prüfungsleistung
Klausur oder Kolloquium

Literatur
Lehrbücher Quanten- und Computational Chemistry, z.B.: • Modern Quantum Chemistry von Szabo und Ostlund • Computational Chemistry von Jensen • Computational Chemistry von Cramer
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Nanosysteme und Analytik	PHYSIK-M1-NA
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Ingenieurwissenschaften	Ingenieurwissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Mikro- und Nanosystemtechnik	WP	3	70 h	2
II	Moderne Methoden der Bauelement- und Schaltungsanalytik	WP	3	120 h	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	190 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben grundlegende fächerübergreifende Kenntnisse über die Wirkprinzipien der Mikro- und Nanosystemtechnik verstanden. Sie verstehen ihre Einsatzmöglichkeiten und besitzen ein grundlegendes System Know-how. Darüber hinaus sind den Studierenden die Problematiken der Messung kleinster Signalpegel vertraut. Sie oder er kennt die gängigen und modernen Methoden der Signalrekonstruktion. All dies ist unabdingbar für die Entwicklung, Herstellung und Qualitätssicherung in der Mikro- und Nanosystemtechnik sowie in der modernen Halbleiterindustrie.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung in II
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

Modulname	Modulcode	
Nanosysteme und Analytik	PHYSIK-M1-NA	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Mikro- und Nanosystemtechnik	PHYSIK-M1-NA-MN	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Ingenieurwissenschaften	Elektrotechnik und Informatik- onstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	25 h	70 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung + Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden beherrschen - die Grundkenntnisse über Prinzipien und Techniken der Mikro- und Nanosystemtechnik und ihrer Einsatzmöglichkeiten/Beschränkungen - die Grundkenntnisse über einzelne Mikrokomponenten und ihre Wirkprinzipien - die Grundkenntnisse über Systemtechniken und die komplexe wechselseitige Beeinflussung der Komponenten - das System-Know-how, das Wissens um die Integration der Einzelteile im Design und Herstellung.
Inhalte
Die Mikrosystemtechnik ist eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Produkte mit mikrosystemtechnischen Komponenten erobern immer mehr Anwendungsbereiche im täglichen Leben und sind in ihren Potentialen hinsichtlich Funktionalität und Wirtschaftlichkeit aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Neue Anwendungsfelder werden erschlossen durch Skalierung der Strukturen in den Nanometer-Bereich. Die Vorlesung Mikro- und Nanosystemtechnik erlaubt einen Einblick in dieses spannende interdisziplinäre Gebiet mit seiner Vielfältigkeit und vermittelt dem angehenden Ingenieur das Grundwissen für einen späteren Einstieg in dieses Berufsumfeld. Folgende Themenbereiche werden von der Vorlesung behandelt: I. Mikrotechniken: - Bulkmikromechanik (isotropes und anisotropes naßchemisches Ätzen, Plasma-Tiefenätzen) - Oberflächenmikromechanik und andere Mikrotechniken (Opferätztechnik, Epi-Polysilizium, SOI, Sticking-Problematik, Vergleich unterschiedlicher Mikro- und Nanostrukturtechniken)

II. Mikrosensoren: - Thermische Sensoren (Thermistoren, PT-Sensor, integrierte Temperatursensoren, Anemometrie, Luftmassensensor) - Mechanische Sensoren (piezoresistive und kapazitive Drucksensoren, Beschleunigungssensoren, Drehratensensoren) - Sensoren für Strahlung (CMOS-Bildsensor, CCD, IR-Sensor, Teilchendetektoren) - Magnetfeldsensoren (Spinning-current Hallplate, Magnetoresistivität, Fluxgate-Sensor) - Chemische und Biosensoren (Chemisch sensitive FETs, SAW-Sensoren, DNA-Chip) - Skalierung von Sensorstrukturen in den Nanometerbereich III. Mikroaktoren: - Mikroaktoren (Wirkprinzipien, Mikrospiegel, Mikrostimulatoren) - Mikrofluidik (Mikroventile, Mikropumpen, implantierbares Medikamentendepot, Lab-on-a-Chip) IV. Systemtechniken: - Entwurf, Simulation und Test (Entwurfsmethodik, Simulation, Test- und Prüfverfahren) - Integrationstechniken (monolithische und hybride Integration, Aufbau-und-Verbindungstechnik und Gehäusetechnik für Mikro- und Nanosysteme) Inhalt der Übungen: Vertiefende praktische Aufgaben und Beispiele zum Stoff der Vorlesung
Prüfungsleistung
Keine Klausur für Master Physik
Literatur
• M. J. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, ISBN: 0-8493-0826-7 • M. Gad-el-Hak: The MEMS Handbook, CRC Press, ISBN: 0-8493-0077-0 • W. Menz, J. Mohr: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH, ISBN: 3-527-29405-8 • U. Mescheder: Mikrosystemtechnik, B.G. Teuner, ISBN: 3-519-06256-9 • G. Gerlach, W. Dötzel: Grundlagen der Mikrosystemtechnik, Hanser, ISBN: 3-446-18395-7
Weitere Informationen zur Veranstaltung
http://www.uni-duisburg-essen.de/ebs/

Modulname		Modulcode	
Nanosysteme und Analytik		PHYSIK-M1-NA	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Moderne Methoden der Bauelement- und Schaltungsanalytik		PHYSIK-M1-NA-MM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Ingenieurwissenschaften		Elektrotechnik und Informationstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	75 h	120 h	4 Cr

Lehrform
Vorlesung + Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die oder der Studierende ist nach aktivem Besuch der Veranstaltung sensibilisiert für die in der Nanotechnik üblichen Signale. Sie oder er ist in der Lage, den für seine Problemstellung geeigneten Darstellungsbereich zu wählen. Sie oder er kennt die Problematik verrauschter Signale, die Rauschursachen und geeignete Möglichkeiten, optimale Messbedingungen und Messumgebungen auszuwählen. Sie oder er kennt die grundsätzlichen Arbeitsweisen der in der Bauelement- und Schaltungsanalytik gebräuchlichsten Messsysteme und Messverfahren und sie oder er ist in der Lage, das für ihre oder seine Problemstellung am besten geeignete Messsystem auszuwählen und anzuwenden.
Inhalte
In dieser Veranstaltung werden moderne Methoden der Bauelement- und Schaltungsanalytik eingeführt und speziell anhand von Nanostrukturen bzw. nanostrukturierten Bauelementen erklärt. Neben den einzelnen Messsystemgruppen werden auch die peripheren Messsysteme und ihre zugrunde liegenden Arbeitsweisen eingehend erklärt. Nach den theoretischen Grundlagen der Darstellungsbereiche Zeit- und Frequenzbereich und ihres theoretischen Zusammenhangs werden Rauscharten erläutert und mathematisch beschrieben. Anschließend erfolgt eine eingehende Diskussion der verschiedenen Möglichkeiten der Signaldetektion aus verrauschten Signalen (z. B. Mittelwertbildung, Lock-in Verstärkung). Auf dieser Grundlage werden dann verschiedene, in der Bauelement- und Schaltungsanalytik häufig eingesetzte, Messsysteme beschrieben. Hierzu zählen der Spektrumanalysator, der Netzwerkanalysator, die Kelvin-Force-Mikroskopie und die Rastersonden-Strom und Spannungsmesstechnik aber auch optische Verfahren wie Photoemissionsmikroskopie, PICA und OBIRCH.
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Literatur
• K. Bergmann: Elektrische Messtechnik, Vieweg Verlag 1997 • Clyde F. Coombs, Jr.: Electronic Instrument Handbook, McGraw-Hill Book Company 2000 • B. E. Jones: Messgeräte, Messverfahren, Messsysteme, Teil 1 und 2, Oldenburg - Verlag 1980 • M. Thumm, W. Wiesbeck, S. Kern: Hochfrequenzmesstechnik: Verfahren und Messsysteme, Teubner - Verlag 1997 • L. Reimer: Rasterelektronenmikroskopie, Springer - Verlag 1977 • M. L. Meade: Lock-in amplifiers: Principles and applications, Peter Peregrinus Ltd. 1989 • J. T. L. Thong (ed.): Electron Beam Testing Technology, Plenum Press 1993 • D. Wolf (ed.): Noise in Physical Systems, Springer Verlag 1978 • W. Gruhle: Elektronisches Messen, Springer Verlag 1987 • D. Sarid, Scanning Force Microscopy, Oxford University Press, 1993 • E. Meyer, H. J. Hug, R. Bennewitz, Scanning Probe Microscopy, Springer-Verlag, 2003
Weitere Informationen zur Veranstaltung
http://www.uni-due.de/wet/

Modulname	Modulcode
Elektronik 2	PHYSIK-M1-IU3
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Ingenieurwissenschaften	Ingenieurwissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	30 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Optoelektronik	WP	3	90 h	3
II	Optoelektronik Praktikum	WP	3	80 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	170 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben breite Kenntnisse über die Bedeutung der Optoelektronik und Photonik in der Technik und sind in der Lage, auf der Basis grundlegender Wechselwirkungsmechanismen die Kenngrößen optoelektronischer Komponenten in Systemanwendungen zu beschreiben. Das Praktikum befähigt die Studierenden, die Funktionsweise optoelektronischer Bauelemente wie Leucht- und Laserdioden, Photodioden und Solarzellen zu verstehen und diese messtechnisch zu charakterisieren. Sie sind außerdem in der Lage, einfache optoelektronische Signalübertragungs- und Verarbeitungs-Systeme aufzubauen, das Zusammenspiel der Einzelkomponenten zu beschreiben und Vorhersagen hinsichtlich der Systemantwort bei Änderung einzelner Parameter zu treffen. Die Studierenden sind weiterhin in der Lage, Bauelemente und einfache Schaltungen der Elektronik und Hochfrequenztechnik messtechnisch zu erfassen und theoretisches Wissen über Grundlagen und Verfahren der Elektronik und Hochfrequenztechnik auf praktische Funktionen anzuwenden.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I, Studienleistung (Testate) in II.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

Modulname	Modulcode	
Elektronik 2	PHYSIK-M1-ET	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Optoelektronik	PHYSIK-M1-IU3-OE	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Ingenieurwissenschaften	Elektrotechnik und Informatik- onstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung + Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben breite Kenntnisse über die Bedeutung der Optoelektronik und Photonik in der Technik und sind in der Lage, auf der Basis grundlegender Wechselwirkungsmechanismen die Kenngrößen optoelektronischer Komponenten in Systemanwendungen zu beschreiben.
Inhalte
Die Veranstaltung umfasst neben den theoretischen Grundlagen und Technologien der modernen Optoelektronik auch deren Anwendungsgebiete in photonischen integrierten Schaltungen. Die Vorlesung beginnt mit dem fundamentalen physikalischen Phänomen der Interaktion zwischen Licht und Materie im Halbleiter: Absorption, spontane und stimulierte Emission sowie Modulation. Weitere Teilbereiche umfassen die Lichtausbreitung in planaren sowie faseroptischen Wellenleitern und die integrierte Optik. Besondere Aufmerksamkeit wird den Anwendungen gewidmet, beispielhaft dargestellt anhand optischer Nachrichtenübertragungssysteme, der Medizintechnik und der Materialverarbeitung.
Prüfungsleistung
Klausurarbeit mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten. Sprache: Deutsch
Literatur
- Graham-Smith, Francis: Optics and Photonics, Wiley, Chichester 2000 - Harth, Wolfgang: Sende- und Empfangsdioden für die optische Nachrichtentechnik, Teubner, Stuttgart 1998

- Bludau, Wolfgang: Halbleiter-Optoelektronik, Hanser, München 1995
- Dörnen, Achim: Halbleiter für die Optoelektronik und Photonik, Hänsel-Hohenhausen, 1994
- Billings, Alan: Optics, optoelectronics and photonics, Prentice Hall, New York 1993
- Ebeling, Karl Joachim: Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Berlin 1992
- Paul, Reinhold: Optoelektronische Halbleiterbauelemente, Teuber, Stuttgart 1992

Weitere Informationen zur Veranstaltung

<http://www.oe.uni-duisburg-essen.de>

Modulname	Modulcode	
Elektronik 2	PHYSIK-M1-IU3	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Optoelektronik Praktikum	PHYSIK-M1-IU3-OEP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Ingenieurwissenschaften	Elektrotechnik und Informati- onstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	50 h	80 h	3 Cr

Lehrform
Praktikum
Lernergebnisse / Kompetenzen
Das Praktikum befähigt die Studierenden, die Funktionsweise optoelektronischer Bauelemente wie Leucht- und Laserdioden, Photodioden und Solarzellen zu verstehen und diese messtechnisch zu charakterisieren. Sie sind außerdem in der Lage, einfache optoelektronische Signalübertragungs- und Verarbeitungs-Systeme aufzubauen, das Zusammenspiel der Einzelkomponenten zu beschreiben und Vorhersagen hinsichtlich der Systemantwort bei Änderung einzelner Parameter zu treffen.
Inhalte
Das Praktikum setzt sich aus verschiedenen Bereichen der Optoelektronik zusammen. Für die einzelnen Versuche stehen ausführlichen Beschreibung zur Verfügung, innerhalb derer die notwendigen Grundlagen wiederholt werden. Verständnisfragen und Aufgaben werden gestellt, die als Vorbereitung zuhause gelöst werden müssen. Zur Durchführung der Laborversuche gehören ein Kolloquium mit An-Testat, die eigentliche Versuchsdurchführung sowie eine abschließende Besprechung. Versuche OE/Jäger: 1) Optoelektronische Bauelemente 2) Optoelektronische Energiewandlung 3) Optische Übertragungstechnik 4) Optische Signalverarbeitung Versuche WET/Bacher: 5) Strukturelle Charakterisierung optoelektronischer Bauelemente 6) Elektrische Charakterisierung optoelektronischer Bauelemente 7) Optische Charakterisierung optoelektronischer Bauelemente 8) Nanostrukturierte Bauelemente
Prüfungsleistung

Antestate und aktive Teilnahme an allen Versuchen.
Literatur
• Ebeling, Karl Joachim: Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Berlin 1992 • Paul, Reinhold: Optoelektronische Halbleiterbauelemente, Teuber, Stuttgart 1992 • Optische Kommunikationstechnik, Handbuch für Wissenschaft und Industrie, E. Voges, K. Petermann (Hrsg.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, ISBN 3-540-67213-3
Weitere Informationen zur Veranstaltung
http://www.oe.uni-duisburg.de Kriterium für aktive Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt

Modulname	Modulcode
Bauelemente und ihre Aufbau-/Verbindungstechnik	PHYSIK-M2-IU4
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Ingenieurwissenschaften	Ingenieurwissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Allgemeine Grundlagen der Halbleiterphysik, Kenntnisse im Bereich der Herstellungsprozesse von Halbleiterbauelementen (basierend auf Silizium- und III/V-Halbleitern).

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Aufbau- und Verbindungstechnik	WP	3	120 h	4
II	Optoelektronische Bauelemente	WP	3	70 h	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	190 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studenten sind befähigt, elektrische, thermische und mechanische Grundlagenkenntnisse anzuwenden auf die Verpackung integrierter Schaltungen in Gehäuse. Sie können die wichtigsten Verfahren und Typen der Chipverpackung beschreiben. Sind in der Lage, die Chips auf Substrate zu integrieren, die Signalverläufe zu beschreiben und Methoden des Trimmens einzusetzen auf die Zusammenfügung von Halbleiterbauelementen zu elektronischen Systemen.
Die Studierenden sind in der Lage, die Funktionsweise, den Aufbau und die charakteristischen technischen Daten zentraler und moderner optoelektronischer Bauelemente zu beschreiben.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung in I.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

Modulname	Modulcode	
Bauelemente und ihre Aufbau-/ Verbindungstechnik	PHYSIK-M2-IU4	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Aufbau- und Verbindungstechnik	PHYSIK-M2-IU4-AVT	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Ingenieurwissenschaften	Elektrotechnik und Informationstechnik	

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	75 h	120 h	4 Cr

Lehrform
Vorlesung + Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind fähig, die Grundlagen der AVT zu erklären und die zugehörigen Konzepte zu hinterfragen. Zu den Grundlagen der AVT gehören: elektrische Einflüsse, Wärmeabfuhr Verfahren der Montage integrierter Schaltungen in Gehäuse Elektrische Signale in der Inter-Chip-Verbindung Verfahren des Aufbaus und der Verdrahtung von ICs auf Leiterplatten und Hybride
Inhalte
Die Halbleiterfertigung liefert Siliziumscheiben, auf den eine Vielzahl von Chips angeordnet ist. Die Aufgabe ist es nun, die Chips zu vereinzeln und so weiterzuverarbeiten, dass sie in ein elektronisches System eingebettet werden können. Diese Techniken, die Weiterverarbeitung der Chips, deren Gehäuse, ihre Montage auf gedruckten Schaltungen und Hybridsubstraten, die Eigenschaften dieser Substrate sind Thema der Vorlesung. Als Grundlagen werden die elektrischen und die thermischen Eigenschaften von elektronischen Systemen und IC-Gehäusen, sowie die elektrischen Eigenschaften moderner Substrate vorgestellt. Die verschiedenen IC-Gehäuse, die Chipmontage auch ohne Gehäuse, sind Themen aus der Praxis, ebenso moderne Aufbau- und Montagetechniken, Dünnschicht- und Dickschicht-Substrate. Mit dieser Vorlesung, die zusammen von den Fachgebieten EBS und NTS gehalten wird, wird mit der Aufbautechnik, den Gehäusen und Substraten die Brücke geschlagen zwischen der Halbleiterfertigung und Geräten und Baugruppen der Mikroelektronik.
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung mit einer Dauer von 30 Minuten.

Literatur
• Roa Tummala, ed.: Microelectronics Packaging Handbook, Kluwer Academic Publishers, 1997 • U. Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie, 4. Auflage, Teubner Studienbücher, 2004, Kapitel 13 • W. Jillek, G. Keller: Handbuch der Leiterplattentechnik, Leuze Verlag, 2003
Weitere Informationen zur Veranstaltung
http://www.uni-duisburg-essen.de/ebs/ und http://www.uni-duisburg-essen.de/nts/

Modulname	Modulcode	
Bauelemente und ihre Aufbau-/ Verbindungstechnik	PHYSIK-M2-IU4	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Optoelektronische Bauelemente	PHYSIK-M2-IU4-OEB	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Ingenieurwissenschaften	Elektrotechnik und Informati- onstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	25 h	70 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung + Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, die Funktionsweise, den Aufbau und die charakteristischen technischen Daten zentraler und moderner optoelektronischer Bauelemente zu beschreiben. Sie verfügen über ein breites Wissen industrieller Anwendungen.
Inhalte
Einleitend werden die physikalischen Grundlagen der Halbleiter, der Elektronik sowie der Optik zusammengefasst. Dazu zählen ferner die Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung und eine Diskussion der radiometrischen und photometrischen Einheiten. Im folgenden wird die Familie der Photodetektoren vorgestellt. Diese umfasst die Photoleiter, (Lawinen-) Photodioden und -transistoren sowie Detektoren für spezielle Anwendungen wie beispielsweise in der Bildaufnahme. Bei den Leuchtdioden stehen insbesondere die HB-LEDs, die blauen und UV-LEDs sowie weisse LEDs im Vordergrund, ergänzt um neue Entwicklungen im Bereich der OLEDs. Ein weiteres zentrales Kapitel stellen die Laserdioden dar. Im Mittelpunkt stehen hier: Fabry-Perot-Laser und VCSEL sowie spezielle Lasertypen wie DFB-, QC- und MQW-Laser. Als weitere optoelektronische Bauelemente werden behandelt: Modulatoren, photovoltaische und Solarzellen. Bei allen Komponenten werden die theoretischen Grundlagen behandelt, sowie die Materialauswahl, die Technologien, die Bauformen und die Kenndaten diskutiert und die Einsatzgebiete und Märkte vorgestellt. Die Vorlesung schließt mit einer kurzen Übersicht über einfache optoelektronische Schaltungen und deren Bedeutung in der optoelektronischen Signalverarbeitung und -erzeugung.
Prüfungsleistung
Keine Klausur für Master Physik

Literatur
• Graham-Smith, Francis: Optics and Photonics, Wiley, Chichester 2000 • Harth, Wolfgang: Sende- und Empfangsdioden für die optische Nachrichtentechnik, Teuber, Stuttgart 1998 • Bludau, Wolfgang: Halbleiter-Optoelektronik, Hanser, München 1995 • Dörnen, Achim: Halbleiter für die Optoelektronik und Phototnik, Hänsel-Hohenhausen, 1994 • Billings, Alan: Optics, optoelectronics and photonics, Prentice Hall, New York 1993 • Ebeling, Karl Joachim: Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Berlin 1992 • Paul, Reinhold: Optoelektronische Halbleiterbauelemente, Teuber, Stuttgart 1992
Weitere Informationen zur Veranstaltung
http://www.oe.uni-duisburg-essen.de

Modulname	Modulcode
VWL Mikroökonomik	PHYSIK-M2-IU5
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften	Wirtschaftswissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	WIWI, Einführung in die Wirtschaftswissenschaften II und III

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Preistheorie (ehemals Mikroökonomik III)	WP	4	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			4	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden einen Einblick in Volks- und Betriebswirtschaftliche Zusammenhänge und werden damit in ihrer Fähigkeit unterstützt, in ihrer beruflichen Arbeit verantwortlich zu handeln.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

Modulname	Modulcode	
VWL Mikroökonomik	PHYSIK-M2-IU5	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Preistheorie (ehemals Mikroökonomik III)	PHYSIK-M2-IU5-MICRO	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende des FB Wirtschaftswissenschaften	Wirtschaftswissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	120 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übung oder Seminar
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden werden mit fortgeschrittenen Analysemethoden und mit aktuellen Forschungsfragen vertraut gemacht und erlangen dadurch die Fähigkeit einer fundierten theoretischen Analyse ökonomischer Fragestellungen als Voraussetzung für eine Beschäftigungsperspektive z.B. in unternehmerischen Forschungsabteilungen.
Inhalte
Preistheorie: Die Veranstaltung vertieft die Analyse der individuellen Entscheidungen und der Funktionsweise von Märkten als Allokationsinstrument. Ausgehend von der Analyse und normativen Bewertung eines vollkommen über Märkte dezentralisierten Wettbewerbssystems im Rahmen eines Allgemeinen Gleichgewichtsmodells werden diesem Situationen gegenübergestellt, in denen Märkte hinsichtlich des Erreichens einer effizienten Allokation versagen. Es wird diskutiert, wie sich Preise auch auf unvollkommenen Märkten bilden und welche Informationen aus den Gleichgewichtspreisen gezogen werden können.
Prüfungsleistung
Klausur, Hausarbeit und/oder Präsentation.
Literatur
• Mas-Collel, Whinston und Green: Microeconomic Theory • Wolfstetter: Topics in Microeconomics • Tirole: The Theory of Industrial Organization
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Klausur wird unmittelbar nach Ende der Veranstaltung und an einem Nachtermin vor Vorlesungsbeginn des nächsten Semesters angeboten.

Modulname	Modulcode
VWL Makroökonomik	PHYSIK-M2-IU6
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften	Wirtschaftswissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	WIWI, Einführung in die Wirtschaftswissenschaften II und III

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Monetäre Außenwirtschaft (ehemals Makroökonomik III)	WP	4	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			4	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben überblicksmäßige Kenntnisse auf dem Gebiet der Volkswirtschaftslehre und werden damit in ihrer Fähigkeit unterstützt, in ihrer beruflichen Arbeit verantwortlich zu handeln.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

Modulname	Modulcode	
VWL Makroökonomik	PHYSIK-M2-IU6	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Monetäre Außenwirtschaft (ehemals Makroökonomik III)	PHYSIK-M2-IU6-MACRO	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende des FB Wirtschaftswissenschaften	Wirtschaftswissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	120 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übung oder Seminar
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden verstehen die Grundlagen der monetären außenwirtschaftlichen Modelle und können diese formal und graphisch darstellen und verbal erläutern.
Inhalte
Makroökonomik III: Makroökonomik offener Volkswirtschaften Diese Veranstaltung behandelt Fragestellungen der monetären Außenwirtschaftstheorie. Sie vertieft und erweitert die bisherigen Kenntnisse der makroökonomischen Analyse kleiner offener Volkswirtschaften aus der Makroökonomik II. Leitfragen sind: Welche Konsequenzen ergeben sich jeweils für die Wirtschaftspolitik? Welche Wirkung entfalten stabilisierungspolitische Maßnahmen und ausländische Störungen in offenen Volkswirtschaften in Abhängigkeit vom Währungssystem, vom Grad der internationalen Kapitalmobilität und von der Größe eines Landes?
Prüfungsleistung
Klausuren, Hausarbeit und/oder Präsentation.
Literatur
• Willms: Internationale Währungspolitik • Krugman und Obstfeld: International Economics: Theory and Policy
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Klausur wird unmittelbar nach Ende der Veranstaltung und an einem Nachtermin vor Vorlesungsbeginn des nächsten Semesters angeboten.

Modulname	Modulcode
Industrieprojekt	PHYSIK-M2-IP
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in/in der Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
	5 - 6 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Vorkurs Mathematik / Physik

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Industrieprojekt	WP		190 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				190 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Das Industrieprojekt soll den Studierenden Einblicke in die angestrebten industriellen Tätigkeitsfelder vermitteln. Ein besseres Verständnis des Vorlesungs- und Übungsstoffes, in dem das erlernte Wissen durch praktische Erlebnisse und Erfahrungen angereichert aber auch relativiert wird. Zusammenhang zwischen akademischen Lehrinhalten und betriebliche Realität.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Schriftliches Protokoll der geleisteten Arbeit im Umfang von mindestens 10 und maximal 20 Seiten. Vortrag von 20 Minuten über die Inhalte und Resultate des Projektes im Arbeitsgruppenseminar des Betreuers. (unbenotet)
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode	
Industrieprojekt	PHYSIK-M2-IP	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
Industrieprojekt	PHYSIK-M2-IP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
		Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			190 h	6 Cr

Lehrform
Praktikum in Unternehmen außerhalb der Universität
Lernergebnisse / Kompetenzen
Einblicke in die betriebliche Praxis und charakteristische Arbeitsvorgänge und deren Zusammenwirken im Funktionsablauf moderner Unternehmen. Ein besseres Verständnis des Zusammenhangs zwischen akademischen Lehrinhalten und betrieblicher Realität, indem das erlernte Wissen durch praktische Erlebnisse und Erfahrungen angereichert, aber auch relativiert wird,
Inhalte
Die Studierenden arbeiten in einem Industrieunternehmen dort mit, wo Physiker und andere Naturwissenschaftler oder Mitarbeiter mit entsprechender Qualifikation tätig sind. Es kann sich um eine experimentelle oder um eine theoretische (z.B. computational physics) Projektarbeit handeln. Sie bearbeiten Aufgabenstellungen der verschiedenen Tätigkeitsfelder von Physikerinnen und Physikern exemplarisch auf der Grundlage ihres bisherigen Wissensstandes unter wissenschaftlicher Anleitung und Betreuung eines Dozenten der Fakultät für Physik. Dabei werden sie mit Methoden zur Problemdefinition und Lösungsstrategien, mit Teamarbeit und Zeitmanagement vertraut gemacht.
Prüfungsleistung
Schriftliches Protokoll der geleisteten Arbeit im Umfang von mindestens 2 und maximal 10 Seiten. Vortrag von 20 Minuten über die Inhalte und Resultate des Projektes im Arbeitsgruppenseminar des Betreuers. (unbenotet)
Literatur
Wird vom Betreuer des Projektes bekanntgegeben.

Weitere Informationen zur Veranstaltung
Studierende sollten sich aktiv bei Dozenten für ein Industrieprojekt mindesten 4 Monate vor angestrebtem Beginn bewerben. Rücksprachen mit dem Betreuer im Umfang von mindestens zweimal pro Woche über den Fortgang des Projektes sind empfohlen. Das Projekt kann auch in der vorlesungsfreien Zeit in Absprache mit dem Betreuer durchgeführt werden und als Einstieg in die Forschungsphase dienen.

Forschungsphase

Modulname	Modulcode
Forschungsphase 1	PHYSIK-M3-FO1
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
3	3 Monate	P	15

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Mindestens 51 ECTS-Credits im Master-Programm Physik (§20 Abs. 3 PO)	Englischkenntnisse

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungs- typ	SWS	Aufwand	Credits
I	Einarbeitung in eine Fragestellung der wissenschaftlichen Forschung	P	-	450 h	15
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			-	450 h	15

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, sich in ein beliebiges physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen. Sie kennen die für das Thema der Master-Arbeit relevanten Grundlagen und erwerben die erforderlichen vertieften Spezialkenntnisse.
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernstrategien, Projektmanagement

Prüfungsleistungen im Modul
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

Modulname		Modulcode	
Forschungsphase 1		PHYSIK-M3-FO1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Einarbeitung in eine Fragestellung der wissenschaftlichen Forschung		PHYSIK-M3-FO1	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	SS (und WS)	Deutsch oder Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			450 h	15 Cr

Lehrform
Selbststudium
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die für das Thema der Master-Arbeit relevanten Grundlagen und erwerben die erforderlichen vertieften Spezialkenntnisse. Die Studierenden demonstrieren, dass sie die wissenschaftliche Fragestellung, die in der Master-Arbeit bearbeitet werden soll, durchdrungen haben.
Inhalte
Unter Anleitung des Betreuers wird das wissenschaftliche Gebiet der geplanten Master-Arbeit erkundet, indem die aktuelle Literatur dazu recherchiert und gelesen wird. Die Teilnahme an speziellen Veranstaltungen kann erforderlich sein.
Prüfungsleistung
Studienleistung (unbenotet): Aktive Teilnahme.
Literatur
Einführende Literatur wird vom Betreuer angegeben, weitere Fachliteratur muss selbstständig recherchiert und erarbeitet werden.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Forschungsphase wird von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer oder einer Privatdozentin oder einem Privatdozenten betreut (§ 20 Abs. 5 PO), die oder der das Thema der Master-Arbeit vergibt und dem Prüfungsausschuss das erfolgreiche Absolvieren der Forschungsphase 1 bestätigt

Modulname	Modulcode
Forschungsphase 2	PHYSIK-M3-FO2
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
3	3 Monate	P	15

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Mindestens 51 ECTS-Credits im Master-Programm Physik (§ 20 Abs. 3 PO), PHYSIK-M3-FO1	Englischkenntnisse

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Bele- gungs- typ	SWS	Aufwand	Credits
I	Erwerb der Fertigkeiten zur Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung	P	-	450 h	15
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			-	450 h	15

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, Experimente und/oder theoretische Methoden auf dem Gebiet der geplanten Master-Arbeit zu konzipieren und durchzuführen bzw. anzuwenden. Sie können die für das Thema der Master-Arbeit relevanten Grundlagen und speziellen Kenntnisse selbsttätig anwenden und umsetzen.
davon Schlüsselqualifikationen
Projektmanagement

Prüfungsleistungen im Modul
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

Modulname		Modulcode	
Forschungsphase 2		PHYSIK-M3-FO2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Erwerb der Fertigkeiten zur Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung		PHYSIK-M3-FO2	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch oder Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			450 h	15 Cr

Lehrform
Selbststudium
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können die für das Thema der Master-Arbeit relevanten Grundlagen und speziellen Kenntnisse selbsttätig anwenden und umsetzen.
Inhalte
Unter Anleitung des Betreuers werden die notwendigen Fertigkeiten erworben, die zur Durchführung der geplanten Master-Arbeit erforderlich sind, sowie die Projektplanung für die Durchführung der Master-Arbeit erstellt.
Prüfungsleistung
Aktive Teilnahme, Präsentation des Projektplanes.
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Forschungsphase wird von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer oder einer Privatdozentin oder einem Privatdozenten betreut (§ 20 Abs. 5 PO), die oder der das Thema der Master-Arbeit vergibt und dem Prüfungsausschuss die erfolgreiche Bearbeitung der Forschungsphase 2 bestätigt.

Modulname	Modulcode
Forschungsphase 3: Master-Arbeit	PHYSIK-M4-MA
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan/in der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
4	6 Monate	P	30

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
PHYSIK-M3-FO1, PHYSIK-M3-FO2	Englischkenntnisse

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Bele- gungs- typ	SWS	Aufwand	Credits
I	Master-Arbeit	P		900	30
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			-	900	30

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, Experimente und/oder theoretische Methoden auf dem Gebiet der Master-Arbeit anzuwenden, die Ergebnisse im Lichte der verschiedenen physikalischen Phänomene einzuordnen und Schlussfolgerungen für technische Entwicklungen und den Fortschritt der Wissenschaft daraus zu ziehen. Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte und eigene Forschungsergebnisse im Kontext der aktuellen internationalen Forschung - unter Beachtung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis - umfassend zu diskutieren und in schriftlicher Form darzustellen. Sie sind damit in der Lage, auch fernab des im Masterstudium vertieften Spezialgebietes beruflich tätig zu werden und dabei ihr physikalisches Grundwissen zusammen mit den erlernten wissenschaftlichen Methoden und Problemlösungsstrategien einzusetzen
davon Schlüsselqualifikationen
Die Studierenden erwerben das notwendige Durchhaltevermögen, um Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu managen, mit Fehlschlägen, unerwarteten Schwierigkeiten und Verzögerungen umzugehen und ggf. mit modifizierter Strategie dennoch zum Ziel zu gelangen. Sie sind sich ihrer Verantwortung gegenüber der Wissenschaft und möglicher Folgen ihrer Tätigkeit für Umwelt und Gesellschaft bewusst.

Prüfungsleistungen im Modul
Master-Arbeit (benotet)
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht mit dem Gewicht 60 Cr in die Gesamtnote ein

Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Forschungsphase 3: Master-Arbeit		PHYSIK-M4-MA	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Master-Arbeit		PHYSIK-M4-MA	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozierende der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch oder Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			900 h	30 Cr

Lehrform
Die Master-Abschlussarbeit ist eine Prüfungsarbeit, bei der die Studierenden innerhalb einer vorgegebenen Frist von 6 Monaten ein Problem selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten. Die verfasste Arbeit (deutsch oder englisch) soll zeigen, dass die oder der Studierende in der Lage ist, Zusammenhänge und Ergebnisse verständlich, folgerichtig und kompetent darzustellen.
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, eine physikalische Problemstellung nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Sie haben dabei Erfahrungen mit überfachlichen Qualifikationen wie Kooperationsbereitschaft, Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und Regeln guter wissenschaftlicher Praxis erworben und sind fähig, ein längerfristiges Projekt zu managen und dessen Ergebnisse in schriftlicher Form zusammenzufassen. Sie können die wesentlichen Erkenntnisse in geeigneter Form präsentieren und in einer wissenschaftlichen Diskussion verteidigen.
Inhalte
Je nach Ausrichtung der Arbeit.
Prüfungsleistung
Verfassen der Master-Abschlussarbeit, die von zwei Prüferinnen oder Prüfern bewertet wird (§ 20 Abs.13 PO).
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Master-Arbeit wird von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer oder einem Privatdozenten oder einer Privatdozentin betreut (§ 20 Abs.5 PO).

Modulhandbuch MA Physik

Legende

Modulcode

Studiengang-AbschlusstypSemester-Modulabkürz.

Veranstaltungscode

Studiengang-AbschlusstypSemester-Modulabkürz.-Veranstaltungsabkürz.

Modulniveau (Ba/Ma)

Ba	Bachelor
Ma	Master

Modultyp

Belegungstyp

P	Pflicht
WP	Wahlpflicht
W	Wahl

Angebotshäufigkeit

WS	Wintersemester
SS	Sommersemester

SWS

Semesterwochenstunden

Aufwand

h	Stunden
Cr	Credits (ECTS ¹)-Credits (§ 11 PO ²))

Lehrform

V	Vorlesung
Üb	Übung
T	Tutorium
Pr	Praktikum
Pj	Projekt
Se	Seminar
K	Kolloquium
Ex	Exkursion

Präsenzstudium

Bei der Berechnung der Präsenzzeit wird eine SWS mit 45 Minuten als eine Zeitstunde mit 60 Minuten gewertet. Dies stellt sicher, dass ein Raumwechsel und evt. Fragen an Lehrende Berücksichtigung finden.

¹⁾ European Credit Transfer and Accumulation System

²⁾ Prüfungsordnung Master-Studiengang Physik

Studienplan: Module und Veranstaltungen

Modulname	Cr	Semester	Lehrveranstaltungen (LV)	Cr	P / WP	Lehrform	SWS	Prüfung		
Experimentalphysik	9	1	Festkörperphysik 2	3	x	V	2	mündliche Prüfung		
		/	Übung		x	Üb	1			
		2	Atom- und Molekülphysik	6	x	V	4			
Praktikum für Fortgeschrittene	≥ 9	1/2	Fortgeschrittenenpraktikum	≥6	x	Pr	8	keine		
			Seminar zum Fortgeschrittenenpraktikum	3	x	S	2			
Theoretische Physik	9	1	Höhere Quantenmechanik	9	x	V	4	mündliche Prüfung		
		/	Übung		x	Üb	2			
		2								
Hauptseminar	3	1/2	Wissenschaftliche Präsentation	3	x	Se	2			
Vertiefung Experimentalphysik	9 - 12	1 / 2	Forschungsgebiet Oberflächenphysik		2 / 26			mündliche Prüfung		
				Grundlagen der Oberflächenphysik		2	V		3	
				Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik I: Struktur		2	V		3	
				Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik II: Elektronische Eigenschaften		2	V		3	
				Vakuumtechnik und Dünnschichttechnologie		2	V		3	
				Aktuelle Probleme der Oberflächenphysik		2	V		3	
			Forschungsgebiet Magnetismus							
			1 / 2			Grundlagen des Magnetismus	2		V	3
						Magnetische Nanostrukturen	2		V	3
						Magnetooptik	2		V	3
						Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik	2		V	3
						Spintronik	2		V	3
						Aktuelle Probleme des Magnetismus	2		V	3
		Forschungsgebiet Halbleiterphysik/Angewandte Festkörperphysik								
		1 / 2		Grundlagen der Halbleiterphysik		2	V		3	
				Halbleiteroptik und -quantenstrukturen		2	V		3	
				Moderne Halbleiterbauelemente		2	V		3	
				Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik		2	V		3	
				Photonik		2	V		3	
				Aktuelle Probleme der Halbleiterphysik / Angewandten Festkörperphysik		2	V		3	
		Forschungsgebiet Astrophysik								
		1 / 2		Grundlagen der Astrophysik		2	V		3	
				Planetenentstehung		2	V		3	
				Aktuelle Probleme der Astrophysik		2	V		3	
		Forschungsgebiet Optik								
		1 / 2		Grundlagen der Optik		2	V		3	
				Laserphysik		2	V		3	
				Halbleiteroptik und -quantenstrukturen		2	V		2	
				Nichtlineare Optik		2	V		2	

			Ultrakurzzeitoptik	2		V	3	
			Aktuelle Probleme der Optik	2		V	3	
		Projekt						
		1/2	Projekt	2	x	Pr	3	
Vertiefung Theoretische Physik	9 - 12	Forschungsgebiet Feldtheorien			2 / 26			mündliche Prüfung
		1 / 2	Allgemeine Relativitätstheorie	2		V	3	
			Hydrodynamik 1	2		V	3	
			Hydrodynamik 2	2		V	3	
			Quantenfeldtheorie 1	2		V	3	
			Quantenfeldtheorie 2	2		V	3	
		Forschungsgebiet Komplexe Systeme						
		1 / 2	Biophysik	2		V	3	
			Nichtlineare Dynamik	2		V	3	
			Skaleninvariante Phänomene	2		V	3	
			Quantenchaos	2		V	3	
		Forschungsgebiet Kondensierte Materie						
		1 / 2	Theoretische Oberflächenphysik: Elektro- nenstrukturtheorie	2		V	3	
			Theoretische Oberflächenphysik: Nicht- gleichgewicht	2		V	3	
			Theorie der Phasenübergänge	2		V	3	
			Theoretische Spintronik	2		V	3	
			Supraleitung und Magnetismus	2		V	3	
			Vielteilchenphysik 1	2		V	3	
			Vielteilchenphysik 2	2		V	3	
		Forschungsgebiet Quantenphysik						
		1 / 2	Gruppentheorie	2		V	3	
			Grundfragen der Quantentheorie	2		V	3	
			Offene Quantensysteme	2		V	3	
			Quanteninformationstheorie	2		V	3	
			Quantenoptik	2		V	3	
			Quantentheorie des Messprozesses	2		V	3	
		Forschungsgebiet Rechnergestützte Physik						
		1 / 2	Granulare Materie	2		V	3	
			Verkehrsphysik	2		V	3	
			Irreversible Prozesse 1	2		V	3	
			Irreversible Prozesse 2	2		V	3	
			Wirtschaftsphysik 1	2		V	3	
			Wirtschaftsphysik 2	2		V	3	
		Projekt						
			1/2	Projekt	2	x	Pr	
Thermoelektrik	6-12	1/2	Thermoelektrik	3		V	2	
			Praktikum zur Thermoelektrik	3		P	2	
Theoretische Chemie			Theoretische Chemie	6		V+Ü	3	
Nanosysteme und Analytik			Mikro- und Nanosystemtechnik	2		V+Ü	3	
			Moderne Methoden der Bauelement- und Schaltungsanalytik	4		V+Ü	3	
Elektronik 2			Optoelektronik	3		V+Ü	3	
			Optoelektronik Praktikum	3		Pr	3	
Bauelemente und ihre Auf- bau-/ Verbindungstechnik			Aufbau- und Verbindungstechnik	4		V+Ü	3	
			Optoelektronische Bauelemente	2		V+Ü	3	
VWL Mikroökonomik			Mikroökonomik 3	6		V+Ü	4	
VWL Makroökonomik			Makroökonomik 3	6		V+Ü	4	
Industrieprojekt			Industrieprojekt	6		Pr		

Modulhandbuch MA Physik

Forschungsphase 1	15	3	Einarbeitung in ein aktuelles Forschungs-thema	15				
Forschungsphase 2	15	3	Erwerb der notwendigen Fertigkeiten	15				
Forschungsphase 3	30	4	Master-Arbeit	15				
Summe Credits	120							

Cr	Credits
P	Pflichtkurse: x
WP	Wahlpflichtkurse: Summe der zu wählenden Credits
V	Vorlesung
Üb	Übung
Pr	Praktikum
Pj	Projekt
Se	Seminar
K	Kolloquium
T	Tutorium
Ex	Exkursion
SWS	Semesterwochenstunden