

Modulhandbuch
zum
Bachelor-Plus-Studiengang
Energy Science

12. September 2012

Einleitung/Studienplan	3
1. Studienjahr	5
Allgemeinbildende Grundlagen - E2	6
Chemie I	8
Chemie II	11
Physik I	14
Physik II	18
Theorie I	22
Theorie II	25
Schlüsselqualifikationen - E1	30
2. Studienjahr	33
Energietechnik	34
Energiewissenschaft I	48
Physik III	51
Physik IV	55
Theorie III	59
Theorie IV	63
3. Studienjahr (Auslandsjahr: z. B. an der BME)	68
Energiewissenschaft II	69
Energiewissenschaft III	73
Umweltaspekte	78
Vertiefung I	83
Vertiefung II	94
Studium Liberale - E3	103
4. Studienjahr	104
Energiewissenschaft IV	105
Energiewissenschaft V	110
Theorie V	113
Vertiefung III	115
Fortgeschrittene Methoden der Naturwissenschaften	121
Bachelor-Arbeit	125
Legende	127
Studienplan: Module und Veranstaltungen	128

Einleitung/Studienplan

Dieser Studiengang bereitet Studenten auf die Entwicklung und Beurteilung von Konzepten für die Energieversorgung hochtechnisierter Gesellschaften vor. Das geschieht hauptsächlich aus der wissenschaftlichen Perspektive, vermittelt wird aber auch ein allgemeiner Überblick über die dazugehörigen Technologien und ihre Nachhaltigkeit.

Die Regelstudienzeit beträgt 4 Jahre und schließt mit dem Bachelor of Science (B. Sc.) ab. Dieser Abschluss bescheinigt die oben beschriebenen Berufsqualifikationen. Absolventen können entsprechende Berufe, z. B. in der Forschung und Entwicklung von Energiewandlung und -speicherung, Energie Management oder Energie Beratung ergreifen. Ein eigenständiger einjähriger Masterstudiengang *Energy Science* ist in Vorbereitung.

Aufgeschlossenheit in Bezug auf die globalen Aspekte der Energiethematik und die Fähigkeit, auf einem internationalen Niveau zu kommunizieren, sind unverzichtbare Bestandteile des beruflichen Profils der Absolventen des Studiengangs *Energy Science*. Deswegen muss das dritte Jahr an einer Partneruniversität im Ausland zugebracht werden. Das Programm für dieses Jahr ist zusammen mit der Budapest University of Technology and Economics (BME) in Ungarn ausgearbeitet worden. Diese Zusammenarbeit wird vom Deutschen Akademischen Austausch Dienst (DAAD) unterstützt. Eine ähnliche Kooperations wurde mit der Hongkong Baptist University in Hongkong vereinbart; mit weiteren Auslands-Partnern wird gegenwärtig verhandelt.

Das Studium ist, wie im Diagramm dargestellt, modular aufgebaut. Die Kurse, die zu einem Modul gehören, ihre Inhalte und die vermittelten Qualifikationen werden in diesem Handbuch beschrieben. Der für einen Kurs erforderliche Zeitaufwand wird mit einer bestimmten Anzahl von Credits, nach dem European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS), ausgedrückt. Ein ECTS-Credit entspricht 30 Stunden.

Im ersten und zweiten Studienjahr erfolgt das Studium in Deutsch. Im dritten und vierten Studienjahr ist die Fachsprache Englisch. Einige Kurse in Englisch während der ersten zwei Jahre, insbesondere im Seminar des Moduls *Energiewissenschaft I*, bereiten die Studierenden auf das Auslandsstudium im dritten Jahr vor.

Zur besseren Übersicht werden die Module, die ähnliche Qualifikationen vermitteln, in vier Kompetenzbereiche gegliedert:

Der Kompetenzbereich *Energiewissenschaft* befasst sich mit den interdisziplinären Aspekten der Energieversorgung, angefangen bei den mikroskopischen Grundlagen der Energiewandlung, des Energietransports und der Energiespeicherung bis hin zu technologischen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Gesichtspunkten. Das Modul *Umweltaspekte* gehört ebenfalls in diesen Kompetenzbereich und enthält Laborpraktika für Fortgeschrittene. Die Module *Energiewissenschaft IV* und *V* enthalten weitere Laborpraktika und ein vierwöchiges Industriepraktikum.

Im Kompetenzbereich *Physik und Chemie* werden in den ersten zwei Jahren die natur- und ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen vermittelt. Das schließt fachbezogene Grundlagenpraktika in Physik und Chemie mit ein. In den darauf aufbauenden Modulen *Vertiefung I – III* erwerben die Studierenden, bei einer individuellen Auswahl natur- bzw. ingenieurwissenschaftlicher Themenbereiche, Kenntnisse auf dem Stand der aktuellen Forschung.

Studienplan für den Bachelor-Plus-Studiengang Energy Science

Zuordnung der Module zu Kompetenzbereichen														
Semester	Energiewissenschaft (inkl. Praktika)				Physik und Chemie (inkl. Praktika)				Theorie (inkl. Mathematische Methoden)		Weitere Qualifikationen		Σ Cr	
	Modul	Cr	Modul	Cr	Modul	Cr	Modul	Cr	Modul	Cr	Modul	Cr		
1	Allgemeinbildende Grundlagen	6			Physik I	9	Chemie I	6	Theorie I	8			29	
2					Physik II	9	Chemie II	7	Theorie II	9	Schlüsselqualifikationen	6	31	
3	Energiewissenschaft I	3	Energie-technik	4	Physik III	9			Theorie III	10			30	
4		3		4	Physik IV	9			Theorie IV	14			30	
5 ^{*)}	Energiewissenschaft II	12			Vertiefung I			12			Studium Liberale	4	28	
6 ^{*)}	Energiewissenschaft III	12	Umweltaspekte	10	Vertiefung II			6				4	32	
7	Energiewissenschaft IV	12			Vertiefung III			9	Theorie V	6	Fortgeschrittene Methoden d. Naturw.	5	32	
8	Energiewissenschaft V	12										Bachelor-Arbeit	4	28
Σ Cr				82				76			47		35	240

^{*)} integriertes Studienjahr an einer ausländischen Partneruniversität, z. B. an der Budapest University of Technology and Economics (BME)

Im Kompetenzbereich *Theorie* werden die naturgesetzlichen Zusammenhänge und die mathematischen Grundlagen für ein vertieftes Verständnis vermittelt. Jedes Modul beinhaltet eine Einführung in die mathematisch benötigten Methoden. Der Fokus liegt hier auf der Anwendung der Methoden, nicht auf deren Beweis.

Der Kompetenzbereich *Weitere Qualifikationen* beinhaltet den *Ergänzungsbereich*, der den Studierenden neben *Allgemeinbildenden Grundlagen* (E2) auch gewisse *Schlüsselqualifikationen* (E1: Programmiersprache C und Fachenglisch) und fachferne Inhalte im Studium Liberale (E3) vermittelt. Ferner sollen die Studierenden in Form der Bachelor-Arbeit nachweisen, dass sie in der Lage sind, ein Problem aus dem energiewissenschaftlichen Kontext innerhalb einer vorgegebenen Frist von 12 Wochen unter Anleitung mit wissenschaftlichen Methoden (Modul: Fortgeschrittene Methoden der Naturwissenschaften) zu bearbeiten und verständlich, folgerichtig und kompetent darzustellen.

Neben Vorlesungen beinhaltet der Studiengang Übungen, drei Seminare und ein Industriepraktikum, bei dem Erfahrungen mit wissenschaftlichen Methoden und Sozialkompetenzen erworben werden können.

1. Studienjahr

Modulname	Modulcode
Allgemeinbildende Grundlagen - E2	ENERGY-B1-E2
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

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

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Grundlagen der Energiewissenschaft	P	6	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben einen allgemeinen Überblick über die Energiethematik erlangt, einschließlich disziplinübergreifender Aspekte. Sie können den Zusammenhang von Energiebedarf, vorhandenen Ressourcen und nachhaltiger technischer Bereitstellung von Energie darstellen.
davon Schlüsselqualifikationen
Problembewusstsein, Bereitschaft zu differenzierter Meinungsbildung durch Sachkompetenz.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausurnote in Lehrveranstaltung I ist die Modulnote.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B1-E2 und ENERGY-B3-ES1 mit dem Gewicht 12 .

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Allgemeinbildende Grundlagen		ENERGY-B1-E2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Grundlagen der Energiewissenschaft		ENERGY-B1-E2-ES0	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Möller / Prof. Dr. Wolf		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	V: 30 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Siehe Modulbeschreibung
Inhalte
Begriff der Energie; Energieformen; Entropie, Exergie; Energieträger; Energiewandlung, -transport, -speicherung. Technische Bereitstellung von Energie (aus fossilen Brennstoffen, Kernspaltung, Fusion, regenerativen Energiequellen). Nachhaltigkeit (Ressourcen, Bedarf, umweltrelevante Aspekte).
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 120 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Diekmann, Heinloth: Energie: Physikal. Grundl. ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung • MacKay: Sustainable Energy – without the hot air
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: Aktive Teilnahme an Vorlesung und Übung (unbenotet).

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Chemie I	ENERGY-B1-CH1
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Prof. Dr. Mayer	Chemie

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

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

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Allgemeine Chemie	P	6	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Grundkonzepte der Chemie. Sie können Stoffeigenschaften und chemische Vorgänge auf molekularer Ebene erklären.
davon Schlüsselqualifikationen
S. o.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B1-CH1 und ENERGY-B2-CH2 mit dem Gewicht 13 .

Modulname		Modulcode	
Chemie I		ENERGY-B1-CH1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Allgemeine Chemie		ENERGY-B1-CH1-AC	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Chemie		Chemie	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Verständnis und Anwendung einfacher Konzepte der Chemie sowie Erklärung von Stoffeigenschaften und chemischen Vorgängen auf molekularer Ebene. Basierend auf Grundlagenwissen sollen Anwendungsaspekte erklärbar werden. Dazu werden Vorlesungsthemen in Übungen vertieft.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> - Beschreibung von stofflichen Zuständen - Methoden der Stofftrennung - Chemische Elemente - Stoffmengenbegriff und Stöchiometrie - Atomaufbau, Atomeigenschaften, Periodensystem der Elemente - Prototypen der chemischen Bindung und Modelle zu deren Beschreibung - Grundlagen der Kinetik einfacher Reaktionen - Säure-Base-Reaktionen (Protonentransfer-Gleichgewichte) - Redox-Reaktionen (Elektronentransfer-Gleichgewichte) - Thermodynamik chemischer Reaktionen - Grundlagen und Anwendungen der Elektrochemie - Exemplarische Behandlung chemischer Reaktivitäten: Erarbeitung von Reaktivitätstrends vor dem Hintergrund des Periodensystems - Wasserstoffverbindungen: Bindungsvielfalt und deren Reaktivitätsspektrum - Halogene, Prototypen von Nichtmetallen, typische Reaktivitäten von Halogenverbindungen - Alkalimetalle und deren wichtigste Verbindungen und Verbindungseigenschaften - Gruppe 14: Der Übergang von Nichtmetallen zu Metallen
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).

Modulhandbuch Energy Science

Literatur
<ul style="list-style-type: none">• Michael Binnewies / Manfred Jäckel / Helge Willner: Allgemeine und Anorganische Chemie (Spektrum Akademischer Verlag, München 2004) ISBN 3-8274-0208-5
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen dieses Moduls. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Chemie II	ENERGY-B2-CH2
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Prof. Dr. Mayer	Chemie

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
2	15 Wochen	P	7

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B1-CH1

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Physikalische Chemie	P	3	120 h	4
II	Energiewissenschaftliches Praktikum 3	P	3	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	210 h	7

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Grundkonzepte der Chemie und ihrer Grenzbereiche zur Physik, können sie zur Lösung einfacher Aufgaben und im Labor anwenden und Bezüge zur Energietechnik herstellen.
davon Schlüsselqualifikationen
Sicheres Arbeiten in einem chemischen Labor.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B1-CH1 und ENERGY-B2-CH2 mit dem Gewicht 13 .

Modulname		Modulcode	
Chemie II		ENERGY-B2-CH2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Physikalische Chemie		ENERGY-B2-CH2-PC	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Chemie		Chemie	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	V: 45 / Üb: 15

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
Grundlegendes Verständnis zu physikalisch-chemischen Zusammenhängen, die Prozesse zur Energiegewinnung und Energiespeicherung betreffen.
Inhalte
<p>Thermodynamische Begriffe und Definitionen: Systeme, Zustandsgleichung, Zustandsfunktion, Totales Differential.</p> <p>Erster Hauptsatz: Arbeit und Wärme, Innere Energie und Enthalpie.</p> <p>Zweiter Hauptsatz und Entropie, Berechnung von Entropieänderungen, Temperaturabhängigkeit der Entropie</p> <p>Wärmeleistungsmaschinen, Wirkungsgrad, Carnot-Maschine, Wärmepumpe.</p> <p>Gleichgewichte in geschlossenen Systemen: Freie Energie und Freie Enthalpie, Van t`Hoff-Gleichung, Charakteristische Funktionen, Maxwell-Relationen, Gibbs'sche Fundamentalgleichung, Chemisches Potential, Gibbs-Duhem-Gleichung.</p> <p>Elektrolytgleichgewichte, Elektrochemische Zellen im Gleichgewicht, Spannungsreihe, EMK, Nernst'sche Gleichung.</p> <p>Chemische Kinetik: Reaktionsordnung, Arrhenius-Gesetz.</p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • P.W. Atkins: Physikalische Chemie, VCH-Verlag. • T. Engel, P. Reid: Physikalische Chemie, Pearson.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Chemie II		ENERGY-B2-CH2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energiewissenschaftliches Praktikum 3		ENERGY-B2-CH2-EP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Chemie		Chemie	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	15

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

Lehrform
Pr
Lernergebnisse / Kompetenzen
Kenntnis der Funktion und korrekte Handhabung einfacher Laborgeräte einschließlich des sachgemäßen Aufbaus von Standardlaborglasapparaturen, sicheres Arbeiten im chemischen Labor, Umgang mit Laborabfällen, Verhalten bei Gefahren im Labor, Dokumentieren von Versuchen im Laborjournal.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> - Chemische Grundoperationen: Wägen, Volumenmessung, Stofftrennung (Filtern, Kristallisieren, Sublimieren, Destillieren) - Qualitative Bestimmung von Stoffeigenschaften, z.B. Löslichkeit, Hydrolyseverhalten, Pufferwirkung, Verhalten von Metallen gegenüber Wasser, Säuren und Basen - Analytische Grundoperationen zur Stoffidentifizierung: Gravimetrie, Komplexometrie, volumetrische Säure-Base- und Redox-Bestimmungen - Synthesen
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B2-CH2-PC.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Gerhart Jander, Ewald Blasius: Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie (S. Hirzel, Stuttgart, 1995) ; UB: 35 UNP 1209
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: Antestate und Versuchsprotokolle.

Modulname	Modulcode
Physik I	ENERGY-B1-PH1
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1	15 Wochen	P	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Vorkurs Mathematik / Physik

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Grundlagen der Physik 1a (Mechanik, spezielle Relativitätstheorie, Strömungslehre)	P	6	180 h	6
II	Energiewissenschaftliches Praktikum 1	P	3	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			9	270 h	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können physikalische Begriffe aus dem in I behandelten Bereich korrekt verwenden, sind mit den entsprechenden Phänomenen vertraut und können einfache Probleme mathematisch erfassen und selbständig lösen. Sie können die Konzepte anhand selbsttätiger Experimente nachvollziehen.
davon Schlüsselqualifikationen
Zeitmanagementtechniken, Lernstrategien, Kommunikations- und Vermittlungstechniken.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I (benotet), 6 Versuchsprotokolle in II (unbenotet). Klausurnote in I ist die Modulnote.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B1-PH1 und ENERGY-B2-PH2 mit dem Gewicht 18 .

Modulname		Modulcode	
Physik I		ENERGY-B1-PH1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Grundlagen der Physik 1a (Mechanik, spezielle Relativitätstheorie, Strömungslehre)		ENERGY-B1-PH1-GP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können grundlegende Konzepte der klassischen Mechanik, der speziellen Relativitätstheorie und der Strömungslehre nachvollziehen, kennen die wesentlichen Experimente dazu, können deren Resultate korrekt beurteilen, einfache Probleme aus dem Bereich mathematisch erfassen und selbstständig lösen.
Inhalte
<p>Einführung Arbeitsmethode der Physik, physikalische Größen, Maßsystem, vektorielle Größen, Darstellung physikalischer Zusammenhänge</p> <p>Mechanik des Massenpunktes Massenpunkt und Bahnkurve, geradlinige Bewegung, Geschwindigkeit und Beschleunigung, Kreisbewegung, allgemeine krummlinige Bewegung, die Newtonschen Axiome, Kraft und Masse, Anwendung der Newtonschen Bewegungsgleichung, der schiefe Wurf, Kraft und Linearimpuls, allgemeine Formulierung der Newtonschen Bewegungsgleichung, Drehmoment und Drehimpuls, Arbeit und Leistung, kinetische und potentielle Energie, Energieerhaltung, Gravitationsgesetz, Gravitationskraft und potentielle Energie, Planetenbahnen, beschleunigte Bezugssysteme</p> <p>Relativistische Mechanik Historischer Kontext, Relativitätsprinzip, Lorentz-Transformation, Masse und Impuls im relativistischen Fall</p> <p>Massenpunktsysteme Newtonsche Bewegungsgleichung, Erhaltungssätze, Wechselwirkungen mit kurzer Reichweite, Stoßgesetze</p>

Starrer Körper

Starrer Körper als System von Massenpunkten, Statik des starren Körpers, Dynamik des starren Körpers, Rotation um feste Achse, Berechnung von Trägheitsmomenten, Beispiele für Drehbewegungen um eine feste Achse, Arbeit, Leistung und kinetische Energie bei Drehbewegungen um eine feste Achse, Drehimpulserhaltung bei raumfester Achse, Rotation um freie Achsen, Kreisel

Mechanische Schwingungen

Harmonische Schwingungen, gedämpfte harmonische Schwingungen, erzwungene harmonische Schwingungen, Resonanz, Überlagerung harmonischer Schwingungen, gekoppelte harmonische Schwingungen, Molekülschwingungen als Beispiel anharmonischer Schwingungen

Reale feste und flüssige Körper

Deformation fester und flüssiger Körper, Kompressibilität, Schweredruck, Auftrieb, Flüssigkeitsgrenzflächen, stationäre Strömung idealer Flüssigkeiten, Druckmessung in Strömungen, Anwendungen der Bernoullischen Gleichungen, stationäre Strömungen realer Flüssigkeiten, turbulente Strömungen

Prüfungsleistung

Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).

Literatur

- Paul A. Tipler, Physik
- R.A. Serway, Physics
- M. Alonso und E.J. Finn, Physik
- R.P. Feynmann, R.B. Leighton, and M. Sands, The Feynmann Lectures on Physics
- Gerthsen, Kneser, Vogel, Physik,
- W. Demtröder, Experimentalphysik I,
- Scobel, Lindström, Langkau, Physik kompakt 1
- K. Simonyi, Kulturgeschichte der Physik
- James T. Cushing, Philosophical Concepts in Physics

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Physik I		ENERGY-B1-PH1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energiewissenschaftliches Praktikum 1		ENERGY-B1-PH1-EP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Farle		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	15 Gruppen mit je 2 Studierenden

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

Lehrform
Pr
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen physikalische Versuchsaufbauten aus dem Grundlagenbereich, können diese fachgerecht aufbauen und benutzen. Sie können Messergebnisse auswerten, beurteilen und die Ergebnisse in geeigneter Form darstellen.
Inhalte
Empfohlene Versuche aus dem Physikalischen Anfängerpraktikum 1a: A3, A4, A5, A6, A8 und A13.
Prüfungsleistung
Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von 6 Versuchen, sowie Anfertigung der Versuchsprotokolle (unbenotet).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Walcher: „Praktikum der Physik“ • Eichler, Kronfeld, Sahn: „Das neue Physikalische Grundpraktikum“ • Bergmann-Schäfer: „Experimentalphysik“
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Wird durch Aushang bekannt gegeben.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Physik II	ENERGY-B2-PH2
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
2	15 Wochen	P	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B1-PH1

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Grundlagen der Physik 1b (Wärmelehre, Elektro- und Magnetostatik)	P	6	180 h	6
II	Energiewissenschaftliches Praktikum 2	P	3	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			9	270 h	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können physikalische Begriffe aus dem in I behandelten Bereich korrekt verwenden, sind mit den entsprechenden Phänomenen vertraut und können einfache Probleme mathematisch erfassen und selbständig lösen. Sie können die Konzepte anhand selbsttätiger Experimente nachvollziehen.
davon Schlüsselqualifikationen
Zeitmanagementtechniken, Lernstrategien, Kommunikations- und Vermittlungstechniken.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I (benotet), 6 Versuchsprotokolle in II (unbenotet). Klausurnote in I ist die Modulnote.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B1-PH1 und ENERGY-B2-PH2 mit dem Gewicht 18 .

Modulname		Modulcode	
Physik II		ENERGY-B2-PH2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Grundlagen der Physik 1b (Wärmelehre, Elektro- und Magnetostatik)		ENERGY-B2-PH2- GP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können grundlegende Konzepte der Wärmelehre, Elektro- und Magnetostatik nachvollziehen, kennen die wesentlichen Experimente dazu, können deren Resultate korrekt beurteilen, einfache Probleme aus dem Bereich mathematisch erfassen und selbständig lösen.
Inhalte
<p>Wärmelehre Vorbemerkungen und Begriffserläuterungen, Stoffmenge und Teilchenzahl, Temperatur und Thermometer, Temperaturskalen, thermische Ausdehnung fester und flüssiger Körper und von Gasen, Zustandsgleichung idealer Gase, Grundzüge der kinetischen Gastheorie, Druck, Temperatur und kinetische Energie, innere Energie idealer Gase, Wärme, Wärmemenge und Wärmekapazität, Kalorimetrie, Barometrische Höhenformel und Boltzmann-Verteilung, Maxwell-Boltzmannsche Geschwindigkeitsverteilung</p> <p>Der I. Hauptsatz der Wärmelehre Zustandsänderungen am idealen Gas, Reversible und irreversible Zustandsänderungen, spezielle Kreisprozesse, Wärmepumpe und Kältemaschine</p> <p>Der II. Hauptsatz der Wärmelehre Die Entropie, Entropieänderungen am idealen Gas, Entropieänderung bei irreversiblen Prozessen, Aggregatzustände und Phasen, Koexistenz von Flüssigkeit und Dampf, Koexistenz von Festkörpern und Flüssigkeit oder Gas, Zustandsgleichung realer Gase, Gasverflüssigung: Joule-Thomson-Effekt</p> <p>Transportphänomene Molekulardiffusion, Wärmeleitung, Viskosität</p>

Elektrizitätslehre

Elektrostatik

Elektrische Ladung, Coulomb Gesetz, elektrisches Feld, Elementarladung, Feldstärke und Potential Leiter im elektrischen Feld, elektrischer Fluss, Dielektrika

Elektrischer Strom

Ladungstransport und Ohm'sches Gesetz, mikroskopische Deutung, Temperaturabhängigkeit, Joulesche Wärme, Kontinuitätsgleichung, Kirchhoffsche Regeln, Auf- und Entladung von Kondensatoren, Messen von Strömen

Statische Magnetfelder

Grundlegende Experimente, magnetische Kraftwirkung auf elektrische Ladungen, Quellen des magnetischen Feldes, magnetische Induktion

Zeitlich veränderliche Felder

Faraday'sches Induktionsgesetz, Verschiebungsstrom, Maxwellsche Gleichungen, Lenzsche Regel, Induktivität, Energie des magnetischen Feldes

Wechselstromkreise

Wechselstrom, Wechselstromkreis mit komplexen Widerständen, komplexe Widerstände, lineare Netzwerke, elektromagnetischer Schwingkreis, Gleichrichtung

Materie im magnetischen Feld

Magnetische Suszeptibilität, Dia-, Para-, Ferromagnetismus

Prüfungsleistung

Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).

Literatur

- Siehe Literatur zu Physik I und Folgebände
- Bergmann-Schäfer "Experimentalphysik"

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Physik II		ENERGY-B2-PH2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energiewissenschaftliches Praktikum 2		ENERGY-B2-PH2-EP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Farle		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	15 Gruppen je 2

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

Lehrform
Pr
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen physikalische Versuchsaufbauten aus dem Grundlagenbereich, können diese fachgerecht aufbauen und benutzen. Sie können Messergebnisse auswerten, beurteilen und die Ergebnisse in geeigneter Form darstellen.
Inhalte
Empfohlene Versuche aus dem Physikalischen Anfängerpraktikum 1b: B1, B3, B8, C1, C8/9 und C16.
Prüfungsleistung
Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von 6 Versuchen, sowie Anfertigung der Versuchsprotokolle (unbenotet).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Walcher: „Praktikum der Physik“ • Eichler, Kronfeld, Sahn: „Das neue Physikalische Grundpraktikum“ • Bergmann-Schäfer: „Experimentalphysik“
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Wird durch Aushang bekannt gegeben.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Theorie I	ENERGY-B1-TH1
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1	15 Wochen	P	8

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Vorkurs Mathematik / Physik

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Newtonsche Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie	P	4	120 h	4
II	Mathematische Methoden der Newtonschen Mechanik	P	4	120 h	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			8	240 h	8

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, einfache Modelle für Phänomene aus dem Bereich der Mechanik zu entwickeln, mathematisch zu formulieren und analytisch zu lösen.
davon Schlüsselqualifikationen
s.o.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I, Klausurnote ist die Modulnote.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B1-TH1 und ENERGY-B2-TH2 mit dem Gewicht 17 .

Modulname		Modulcode	
Theorie I		ENERGY-B1-TH1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Newton'sche Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie		ENERGY-B1-TH1-ME	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Schützhold		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der klassischen Mechanik von Massenpunkten und können sie korrekt anwenden und daraus mit analytischen Methoden Schlüsse ziehen.
Inhalte
<p>Newton'sche Mechanik von Massenpunkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Eindimensionale Bewegung, kinetische und potentielle Energie, Energieerhaltung, (gedämpfter und getriebener) harmonischer Oszillator. Dimensionsanalyse – Mehrdimensionale Bewegung. Beschleunigte Bezugssysteme (Coriolis- und Zentrifugalkraft) – Bewegung im Zentralfeld, Drehimpuls – Zweikörperproblem, Impulserhaltung, Grundbegriffe der Streutheorie. – <p><i>[Spezielle Relativitätstheorie: Lorentz-Transformation, Raum-Zeit-Diagramme, relativistische Dynamik.]</i></p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten)
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Nolting: Grundkurs theoretische Physik, Bd.1
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen dieses Moduls. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Theorie I		ENERGY-B1-TH1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Mathematische Methoden der Newtonschen Mechanik		ENERGY-B1-TH1-MA	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Schützhold		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden beherrschen die mathematischen Methoden, die für ENERGY-B1-TH1-ME benötigt werden.
Inhalte
Grenzwerte, Stetigkeit, Differentiation und Integration bei einer Veränderlichen. Taylorentwicklung (eine Veränderliche), geometrische Reihe, Exponentialreihe. Gewöhnliche Differentialgleichungen erster und zweiter Ordnung, Trennung der Variablen. Komplexe Zahlen, Funktionen komplexer Zahlen, Euler-Formel. Vektoren, Skalarprodukt, Kreuzprodukt, Spatprodukt, Kronecker- und Levi-Civita-Symbol. Matrizen, Determinanten, Drehungen, Spiegelungen, axiale und polare Vektoren, lineare Gleichungssysteme, Eigenwertprobleme. Raumkurven, Differentiation vektorwertiger Funktionen, Bogenlänge, begleitendes Dreibein.
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B1-TH1-ME.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> Nolting: Grundkurs theoretische Physik, Bd.1 Grossmann: Mathematischer Einführungskurs für die Physik
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B1-TH1-ME.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Theorie II	ENERGY-B2-TH2
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
2	15 Wochen	P	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B1-TH1

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Fortgeschrittene Mechanik	P	4	120 h	4
II	Mathematische Methoden der Fortgeschrittenen Mechanik	P	4	120 h	4
III	Computerpraktikum zur Mechanik	P	1	30 h	1
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			9	270 h	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben die Entwicklung abstrakterer Konzepte der klassischen Mechanik nachvollzogen und können diese korrekt anwenden.
davon Schlüsselqualifikationen
S. o.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I, Klausurnote ist die Modulnote.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B1-TH1 und ENERGY-B2-TH2 mit dem Gewicht 17 .

Modulname		Modulcode	
Theorie II		ENERGY-B2-TH2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Fortgeschrittene Mechanik		ENERGY-B2-TH2-ME	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Struktur theoretisch-mathematischer Modelle, sowie die relativen Vorzüge verschiedener Formulierungen der klassischen Mechanik. Sie können deren Konzepte adäquat anwenden.
Inhalte
N-Körperproblem, kleine Schwingungen (Normalmoden), Virialsatz. Strömungsmechanik, Navier-Stokes-Gleichung, Reynoldszahl. Zwangsbedingungen, Starrer Körper. d'Alembert-Prinzip, Zwangskräfte. Hamilton-Prinzip, Euler-Lagrange-Gleichungen, Variationsrechnung, kontinuierliche Symmetrien und Erhaltungsgrößen. Hamiltonsche Mechanik, Phasenraum, kanonische Transformationen, Poissonklammern. <i>[Liouville-Theorem, Grundbegriffe der Hamilton-Jacobi- und der Chaostheorie.]</i>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten)
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Nolting: Grundkurs theoretische Physik, Bd. 2 • Goldstein, Poole, Safko: Klassische Mechanik • Landau, Lifshitz: Lehrbuch der Theoretischen Physik, Bd. 1 • Kibble: Classical Mechanics

Modulhandbuch Energy Science

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen dieses Moduls. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulname		Modulcode	
Theorie II		ENERGY-B2-TH2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Mathematische Methoden der Fortgeschrittenen Mechanik		ENERGY-B2-TH2-MA	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden beherrschen die mathematischen Methoden, die für ENERGY-B2-TH2-ME benötigt werden.
Inhalte
Matrix-Diagonalisierung und lineare Stabilitätsanalyse. Differentiation, Integration und Taylorentwicklung bei mehreren Veränderlichen. Parametrisierung von Flächen und Volumina (Kugel- und Zylinderkoordinaten). Skalar-, Vektor- und Tensorfelder, Nabla-Operator, Gradient, Divergenz, Rotation, Laplace-Operator, exemplarisch auch in Kugel- oder Zylinderkoordinaten. Sätze von Gauss und Stokes.
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B2-TH2-ME.
Literatur
Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B2-TH2-ME.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Theorie II		ENERGY-B2-TH2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Computerpraktikum zur Mechanik		ENERGY-B2-TH2-CP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
1	15 h	15 h	30 h	1 Cr

Lehrform
Übung im Computerlabor
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können Rechner zur Problemlösung und Veranschaulichung im Bereich der Mechanik einsetzen.
Inhalte
6 Programmieraufgaben aus dem Bereich der Mechanik.
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B2-TH2-ME.
Literatur
Wird im Computerpraktikum bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B2-TH2-ME.

Modulname	Modulcode
Schlüsselqualifikationen - E1	ENERGY-B2-SQ
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Dozenten der Universität Duisburg-Essen	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

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

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen¹⁾:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Workload	Credits
I	Datenverarbeitung	P	2	90 h	3
II	Sprachkurs Techn. Englisch	WP	2	90 h	3
III	Sprachkurs Englisch f. Naturwissenschaftler	WP	2	90 h	3
IV	Sprachkurs Englisch f. Physiker	WP	2	90 h	3
V	Sprachkurs Englisch f. Chemiker	WP	2	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			4	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können einfache Computerprogramme in C entwickeln. Die Studierenden haben ihre Englischkenntnisse fachspezifisch erweitert.
davon Schlüsselqualifikationen
s.o.

Prüfungsleistungen im Modul
Aktive und erfolgreiche Teilnahme in I. Klausur oder mündliche Prüfung in II – V.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Geht nicht in die Gesamtnote ein.

1) Der Wahlpflichtkanon kann durch Beschluss des Prüfungsausschusses erweitert werden.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Schlüsselqualifikationen		ENERGY-B2-SQ	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Datenverarbeitung		ENERGY-B2-SQ-DV	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	20

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

Lehrform
Übung im Computerlabor
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können einfache Computerprogramme in C entwickeln.
Inhalte
Numerikorientierter Programmierkurs in C.
Prüfungsleistung
Aktive und erfolgreiche Teilnahme.
Literatur
Wird in der Übung angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Schlüsselqualifikationen		ENERGY-B2-SQ	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Sprachkurs (Liste Nr. II – V der Modulbeschr.)		ENERGY-B2-SQ-SK	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des IOS ¹⁾		IOS ¹⁾	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Englisch	25

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

Lehrform
Üb
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihre Englischkenntnisse fachspezifisch erweitert.
Inhalte
Fachspezifischer Sprachkurs in Englisch.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

¹⁾ Institut für Optionale Studien

2. Studienjahr

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Energietechnik	ENERGY-B3-ET
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Ingenieurwissenschaften	Ingenieurwissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
3 und 4	30 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Module der ersten zwei Semester

Zugehörige Lehrveranstaltungen¹⁾:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Verbrennungslehre	WP	3	120 h	4
II	Fluiddynamik	WP	3	120 h	4
III	Regenerative Energietechnik I	WP	3	120 h	4
IV	Thermodynamik I	WP	3	120 h	4
V	Elektrische Energieversorgung	WP	3	120 h	4
VI	Brennstoffzellensysteme in der dezentralen Energieversorgung	WP	3	120 h	4
VII	Regenerative Energietechnik II	WP	3	120 h	4
VIII	Thermodynamik II	WP	3	120 h	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			9	360 h	12

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen ausgewählte Teilgebiete der Energietechnik. Sie können Grundlagenwissen auf praktische Fragen der technischen Energiewandlung anwenden.
davon Schlüsselqualifikationen
Interdisziplinäre Kommunikationsfähigkeit im ingenieurwissenschaftlichen Bereich.

¹⁾ Der Wahlpflichtkanon kann durch Beschluss des Prüfungsausschusses erweitert werden

Modulhandbuch Energy Science

Prüfungsleistungen im Modul
Benotete Klausuren in drei Lehrveranstaltungen aus dem Wahlpflichtkanon. Als Modulnote wird das arithmetische Mittel der beiden besten Klausurnoten gebildet und nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Zählt mit dem Gewicht 12 .

Modulname		Modulcode	
Energietechnik		ENERGY-B3-ET	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Verbrennungslehre		ENERGY-B3-ET-VB	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Schulz		Maschinenbau	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch oder Englisch	V: 180 / Üb: 60

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 sind in der Lage die thermodynamischen und kinetischen Aspekte von Gasphasenreaktionen bei hohen Temperaturen, insbesondere von Verbrennungsreaktionen, zu erklären und zu bewerten.
Inhalte
<p>Verbrennungsprozesse sind typische Hochtemperaturreaktionsvorgänge wie sie in zahlreichen technischen Anlagen, zum Beispiel im Zusammenhang mit der Energiegewinnung und der Materialsynthese eingesetzt werden.</p> <p>Zum Verständnis derartiger Prozesse werden die chemische Thermodynamik und die chemische Kinetik herangezogen. Darüber hinaus ist die Interaktion zwischen Reaktion und Strömung in Gasphasenprozessen mit großem Energieumsatz von großer Bedeutung.</p> <p>Hochtemperaturreaktionen erfordern das Verstehen von Radikalreaktionen und Reaktionsmechanismen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einleitung - Ergebnisse der chemischen Thermodynamik - Kinetik homogener und heterogener Reaktionen - Allgemeine Flammerscheinungen und verbrennungstechnische Kenngrößen - Theoretische Beschreibung von reaktiven Strömungen - Verbrennungswellen in homogenen, vorgemischten Gasen
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 90 Minuten). Sprache entweder Deutsch oder Englisch.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • P.W. Atkins, Physikalische Chemie, VCH • J. Warnatz, U. Maas, R.W. Dibble, Verbrennung, Springer, 2001
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energietechnik		ENERGY-B3-ET	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Fluiddynamik		ENERGY-B3-ET-FD	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr.-Ing. von Lavante		Maschinenbau	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch oder Englisch	V: 180 / Üb: 60

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 sollen auch komplexere theoretische oder experimentelle Problemstellungen der Fluiddynamik analysieren und mathematisch beschreiben können und – für einfache Beispiele – auch berechnen können.
Inhalte
Die Vorlesung bietet eine Erweiterung auf wichtige Probleme der Fluiddynamik und gliedert sich in folgende Kapitel:
<ul style="list-style-type: none"> – Erhaltungsgleichungen der Fluiddynamik Erhaltung von Masse, Impuls und Energie (Navier-Stokes Gleichungen), Spannungs-Dehnungs-Beziehungen, thermische und kalorische Zustandsgleichungen – Ähnlichkeitstheorie der Fluide – Schleichende Strömung – Potentialströmung – Grenzschichttheorie – Einführung in turbulente Strömungen – Eindimensionale Gasdynamik
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 120 Minuten)
Literatur
Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energietechnik		ENERGY-B3-ET	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Regenerative Energietechnik I		ENERGY-B3-ET-RE1	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Heinzl		Maschinenbau	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch oder Englisch	V: 180 / Üb: 60

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Der Studierende versteht die Prinzipien der energetischen Nutzung von Solarenergie, kennt den technischen Aufbau und den Wirkungsgrad verschiedener Solaranlagen und kann das technische und wirtschaftliche Potential der Nutzung der Solarenergie einschätzen.
Inhalte
In der Vorlesung wird die Bandbreite der thermischen und photovoltaischen Nutzung der Sonnenenergie vorgestellt. Nach einer Diskussion der Grundlagen des solaren Strahlungsangebotes (Physikalische Grundlagen der Strahlung, Strahlungsbilanzen, Himmelsstrahlung, Globalstrahlung, Messung solarer Strahlungsenergie) werden Niedertemperaturkollektoren, konzentrierende Kollektoren und die solarthermische Stromerzeugung in Farm- und Towerkraftwerken behandelt. Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Thema der photovoltaischen Stromerzeugung mit einer Einführung in das Bändermodell der Elektronen im Festkörper, des Aufbaus, der Funktionsweise und des Wirkungsgrads von Silizium-Solarzellen, Dünnschichtsolarezellen und kompletten Solarzellensystemen. Der erreichte Stand der Technik sowie technische und wirtschaftliche Potentiale der Solarthermie und Photovoltaik werden ebenfalls erörtert.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).

Literatur
<ul style="list-style-type: none">• Adolf Goetzberger, Volker Wittwer, „Sonnenenergie – Thermische Nutzung“ (Teubner)• Adolf Goetzberger, Bernhard Voß, Volker Wittwer, „Sonnenenergie: Photovoltaik“ (Teubner)• Martin Kaltschmitt, Andreas Wiese, „Erneuerbare Energien“ (Springer Verlag)• Manfred Kleemann, Michael Meliß, „Regenerative Energiequellen“ (Springer Verlag)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energietechnik		ENERGY-B3-ET	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Thermodynamik I		ENERGY-B3-ET-TD1	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dr. Pflitsch		Maschinenbau	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch oder Englisch	V: 180 / Üb: 60

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 Grundlagen der Technischen Thermodynamik werden eingeführt im Hinblick auf Problemstellungen der Energie- und Verfahrenstechnik.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> – Einführung/Motivation – Konzepte und Definitionen (Systeme etc.) – Arbeit und Wärme – Der erste Hauptsatz (Kreisprozesse, geschlossene und offene Systeme, innere Energie, Enthalpie) – Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik (Carnot'scher Kreisprozess, geschlossene Systeme, offene Systeme) – Die Entropie und die freie Enthalpie – Kreisprozesse (Dampfkraftprozesse und Kompressionskältemaschinen) <p>Nach erfolgreicher Beendigung dieser Veranstaltung sollten die Studierenden folgende Thermodynamischen Inhalte soweit verstanden haben, dass sie sie zur Problemlösung selbstständig anwenden können:</p> <p>Eigenschaften von Reinstoffen, Stoffmodelle, Phasendiagramme, Dampf tafeln.</p> <p>Der erste und zweite Hauptsatz der Thermodynamik kann auf Kontrollmassen sowie auf Kontrollräume angewandt werden.</p> <p>Kreisprozesse können verstanden und bewertet werden.</p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten)

Literatur

- R. E. Sonntag, C. Borgnakke, G. J. Van Wylen: Fundamentals of Thermodynamics (John Wiley & Sons 2003)
- M. J. Moran, H. N. Shapiro: Fundamentals of Engineering Thermodynamics (John Wiley & Sons 2003)
- Sandler, Stanley I.: Chemical and Engineering Thermodynamics (John Wiley & Sons 2006)
- P.W. Atkins: Physical Chemistry (Oxford University Press 1998).

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energietechnik		ENERGY-B3-ET	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Elektrische Energieversorgung		ENERGY-B3-ET-EE	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr.-Ing. Erlich		Elektrotechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch oder Englisch	V: 180 / Pr: 60

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Praktikum (Pr: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden verstehen den grundsätzlichen Aufbau und die Funktionsweise des elektrischen Energieversorgungssystems. Sie kennen die wichtigsten Elemente wie Übertragungsleitungen, Transformatoren, Generatoren usw. und ihre mathematische Beschreibung.
Inhalte
Die Vorlesung beschäftigt sich mit den Elementen, Aufbau und Funktionen des elektrischen Energieversorgungssystems. Zunächst wird die Struktur des Netzes erläutert. Danach werden die üblichen Konstruktionen für Leitungen, Kabel, Transformatoren, Generatoren und Schaltanlagen beschrieben. Die erforderlichen mathematischen Grundlagen zur Beschreibung des Betriebsverhaltens dieser Netzelemente werden ebenfalls behandelt. Computerbasierte Methoden zur Lösung des Leistungsfluss- und Kurzschlussproblems in elektrischen Netzen werden vorgestellt. Einige Aspekte des Netzschutzes werden ebenfalls diskutiert. In dieser Lehrveranstaltung werden die Studenten in die Lage versetzt, die elementaren praktischen Probleme des elektrischen Energieversorgungsnetzes zu verstehen und zu lösen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • D. Oeding, B.R. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze. Springer Verlag Berlin, 2004 • V. Crastan: Elektrische Energieversorgung 1, Springer Verlag 2000, ISBN 3-540-64193-9 • K. Heuck, K.-D. Dettmann: Elektrische Energieversorgung, Vieweg-Verlag 1999, ISBN 3-528-48547-7
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energietechnik		ENERGY-B3-ET	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Brennstoffzellensysteme in der dezentralen Energieversorgung		ENERGY-B3-ET-BZ	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Heinzl		Maschinenbau	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch oder Englisch	V: 180 / Pr: 60

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Praktikum (Pr: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie werden von den Studenten verstanden, so dass sie die Technik und die Rahmenbedingungen nachvollziehen und auch auf neue Fragestellungen übertragen können und die verschiedenen Zukunftsoptionen der Effizienzsteigerung in der Energieversorgung beurteilen können. Vor- und Nachteile im Vergleich zu konventionellen Energiesystemen sind erarbeitet.
Inhalte
Die Stromerzeugung und -speicherung in elektrochemischen Systemen wie Batterien und Brennstoffzellen ist Schwerpunkt der Vorlesung. Die verschiedenen in der Entwicklung befindlichen Brennstoffzellensysteme von der bei niedriger Temperatur arbeitenden Membranbrennstoffzelle bis zur Festoxidbrennstoffzelle mit ihren 1000°C Arbeitstemperatur werden vorgestellt. Zur Brennstoffzellentechnologie gehört die Wasserstofferzeugung aus verschiedenen Energieträgern, sowohl für stationäre Systeme für die Kraft/Wärmekopplung als auch an Bord von Fahrzeugen oder sogar für kleinste portable Anwendungen. Ein Vergleich von Brennstoffzellen mit anderen innovativen Energieerzeugern wie Mikrogasturbinen, Stirling-Motoren und Thermoelektrischen Wandlern runden das Bild ab.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).

Literatur

Für Elektrochemie und Batterien:

- Hamann/Vielstich, „Elektrochemie“ (Wiley, Weinheim 1998)

Für Wasserstofftechnologie:

- „Electrochemical Hydrogen Technologies“ Ed.: H. Wendt (Elsevier, Amsterdam 1990)

Für Brennstoffzellen:

- Kordes/Simader „Fuel Cells and their applications“ (VCH Weinheim 1996)
- Heinzl/Mahlendorf/Roes „Brennstoffzellen“ (C.F. Müller Heidelberg 2005)
- Larminie/Dicks „Fuel Cell Systems explained“ (Wiley, Chichester 2000)
- Handbook of Fuel Cells (Wiley 2003)
- Krewitt/Pehnt/Fischedick/Temming „Brennstoffzellen in der Kraft-Wärme-Kopplung“ (Erich Schmitt-Verlag, Berlin 2004)
- Brennstoffzellen und Mikro-KWK, ASUE Band 20 (Vulkan-Verlag 2001)

Für Energiedaten:

- <http://www.bmwi.de>
- <http://www.bp.com>
- <http://www.iea.org>

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energietechnik		ENERGY-B3-ET	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Regenerative Energietechnik II		ENERGY-B3-ET-RE2	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Heinzl		Maschinenbau	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch oder Englisch	V: 180 / Üb: 60

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
Der Student ist in der Lage, regenerative Energiesysteme auf Basis Wind, Wasserkraft, Geothermie, und Biomasse technisch und ökonomisch zu bewerten. Das zukünftige Potential und der Stand der Technik sind bekannt.
Inhalte
Im Rahmen der Vorlesung werden die physikalischen und systemtechnischen Grundlagen der Nutzung der Windenergie (Leistungsdichte des Winds, Windmessung, Windenergiekonverter), der Wasserkraft (Aufbau und Komponenten einer Wasserkraftanlage, Pumpspeicherkraftwerke), Meeresenergie (Leistung von Wasserwellen, Meeresströmungskraftwerke), Gezeitenenergie (Entstehung von Ebbe und Flut, Gezeitenkraftwerke) und der Geothermie (oberflächennahe und hydrothermale Erdwärmenutzung, heiße Gesteinsschichten) behandelt. Ein weiteres Schwerpunktthema bildet die Photosynthese und die Möglichkeiten der energetischen Biomassenutzung (Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse, Biogaserzeugung, Äthanolherstellung). Bei jeder Technologie wird auf den erreichten Stand der Technik eingegangen sowie die technischen und wirtschaftlichen Potentiale diskutiert.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • M. Kaltschmitt, A. Wiese, „Erneuerbare Energien“ (Springer) • M. Kleemann, M. Meliß, „Regenerative Energiequellen“ (Springer) • J. Fricke, W. Borst, „Energie – Ein Lehrbuch der physikalischen Grundlagen“ (Oldenbourg)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energietechnik		ENERGY-B3-ET	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Thermodynamik II		ENERGY-B3-ET-TD2	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Atakan		Maschinenbau	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch oder Englisch	V: 180 / Üb: 60

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 im ersten Teil behandelten Grundlagen werden auf (idealisierte) technische Prozesse angewandt, eine kurze Einführung in die Wärmeübertragung wird gegeben.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> – Wiederholung des ersten Teils – Das Exergiekonzept – Kreisprozesse (Arbeits- und Kälteprozesse mit Gasen) – Feuchte Luft und einfache Mischungen – Chemische Relationen (Maxwell-R. Clapeyron Gleichung etc.) – Thermodynamik chemischer Reaktionen, insbesondere der der Verbrennung – Chemische Gleichgewichte – Eine Einführung in die Wärmeübertragung <p>Bei erfolgreicher Teilnahme an dieser Veranstaltung sollten Studierende ein gutes Verständnis folgender Gebiete der Thermodynamik haben und dieses auf entsprechende Problemstellungen anwenden können: Thermodynamik idealer Mischungen (bes. ideale Gase, feuchte Luft). Das Konzept der Exergie zur Bewertung thermodynamischer Prozesse. Die Maxwell Relationen sollten verstanden worden sein. Die Thermodynamik reagierender Systeme (Verbrennung) sowie einfacher chemischer Gleichgewichte. Auch einfache 1D-Wärmedurchgangsprobleme sollten für den Studierenden keine Schwierigkeit darstellen.</p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 120 Minuten).

Modulhandbuch Energy Science

Literatur
Siehe Thermodynamik I, ENERGY-B3-ET-TD1.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Energiewissenschaft I	ENERGY-B3-ES1
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

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

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Die acht Module des ersten Studienjahres.

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Energiesysteme im Vergleich 1	P	4	90 h	3
II	Energiesysteme im Vergleich 2	P	2	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können verschiedene Energiesysteme miteinander vergleichen und dabei Vor- und Nachteile identifizieren. Sie können sich mit Szenarien für die künftige Energieversorgung kritisch auseinandersetzen. Die Studierenden sind in der Lage, sich selbstständig Fakten über ein Energiesystem anzueignen, sie zu bewerten und auf Englisch vorzutragen.
davon Schlüsselqualifikationen
Präsentationstechniken, Fähigkeit zu fachlicher Diskussion auf Englisch.

Prüfungsleistungen im Modul
Seminarvortrag auf Englisch.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B1-E2 und ENERGY-B3-ES1 mit dem Gewicht 12 .

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaft I		ENERGY-B3-ES1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energiesysteme im Vergleich 1		ENERGY-B3-ES1-EV	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch und Englisch	30

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	30 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Kolloquium, ggf. Exkursion
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden setzen sich kritisch mit vorhandenen und zukünftigen Energiesystemen auseinander.
Inhalte
Interne und externe Experten stellen verschiedene Formen der technischen Bereitstellung von Energie, ihrer Speicherung und effizienten Nutzung sowie der damit verbundenen Nachhaltigkeitsgesichtspunkte vor. Angestrebt wird ein offener, interdisziplinärer, wissenschaftlicher Diskurs. An der Schwelle zum Vertiefungsstudium wird die Vielfalt der Spezialisierungsmöglichkeiten aufgezeigt.
Prüfungsleistung
Siehe ENERGY-B3-ES1-EC.
Literatur
Wird von Fall zu Fall angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaft I		ENERGY-B3-ES1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energiesysteme im Vergleich 2		ENERGY-B3-ES1-EC	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Englisch	30

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

Lehrform
Se
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können sich selbstständig eine wissenschaftlich fundierte Meinung über ein Energiethema bilden. Sie sind für das Auslandsjahr (5. und 6. Semester) darauf vorbereitet, auf Englisch zu kommunizieren.
Inhalte
Jede/r Studierende hält einen Vortrag auf Englisch über ein Energiethema, das anschließend auf Englisch diskutiert wird.
Prüfungsleistung
Seminarvortrag, einschließlich einer schriftlichen Ausarbeitung auf Englisch.
Literatur
Wird individuell zugeteilt.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Physik III	ENERGY-B3-PH3
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
3	15 Wochen	P	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B2-PH2

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Grundlagen der Physik 2a (El.-magn. Wellen, Optik, Lichtquanten, Materiewellen)	P	6	180 h	6
II	Energiewissenschaftliches Praktikum 4	P	3	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			9	270 h	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können physikalische Begriffe aus dem in I behandelten Bereich korrekt verwenden, sind mit den entsprechenden Phänomenen vertraut und können einfache Probleme mathematisch erfassen und selbständig lösen. Sie können die Konzepte anhand selbsttätiger Experimente nachvollziehen.
davon Schlüsselqualifikationen
Zeitmanagementtechniken, Lernstrategien, Kommunikations- und Vermittlungstechniken.

Prüfungsleistungen im Modul
6 Versuchsprotokolle in II (unbenotet); mündliche Prüfung, deren Note die Modulnote ist.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B3-PH3 und ENERGY-B4-PH4 mit dem Gewicht 18 .

Modulname		Modulcode	
Physik III		ENERGY-B3-PH3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Grundlagen der Physik 2a (El.-magn. Wellen, Optik, Lichtwellen, Materiewellen)		ENERGY-B3-PH3-GP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Experimentalphysik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können grundlegende Konzepte elektromagnetischer Wellen, der Optik, Lichtwellen und Materiewellen nachvollziehen, kennen die wesentlichen Experimente dazu, können deren Resultate korrekt beurteilen, einfache Probleme aus dem Bereich mathematisch erfassen und selbstständig lösen.
Inhalte
<p>Harmonische Wellen im Raum Grundlagen und Definition, das Huygensches'sche Prinzip der Wellenausbreitung, Reflexion und Brechung, Beugung am Spalt, Beugung an einer Kreisblende, Interferenz: Überlagerung zweier Kugelwellen, mehrere ebener Wellen, Beugung am Gitter, Babinet'sches Theorem, Beugung und Fourier-Transformation, Wellenausbreitung in dispersiven Medien.</p> <p>Elektromagnetische Wellen Existenz und grundsätzliche Eigenschaften, Energietransport durch elektromagnetische Wellen Reflexion und Transmission elektromagnetischer Wellen, Elektromagnetische Wellen in homogenen, isotropen, neutralen und leitenden Substanzen, Wechselwirkung elektromagnetischer Wellen mit Metallen, Übertragung von Signalen durch Kabel, Doppler-Effekt und Aberration bei elektromagnetischen Wellen, Entstehung elektromagnetischer Wellen</p> <p>Optik Geometrische Optik, Interferenzerscheinungen, Einfluss der Beugung auf das Auflösungsvermögen abbildender optischer Instrumente, Polarisierungserscheinungen</p> <p>Quantennatur elektromagnetischer Strahlung Strahlung des Schwarzen Körper, spezifische Wärme fester Substanzen, Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung mit Materie: Fotoeffekt, Compton-Effekt, Paareffekt, Photon</p> <p>Wellennatur der Teilchenstrahlung Hypothese von de Broglie, Experimente zum Nachweis von Materiewellen, Darstellung von Materiewellen, Wellenpakete</p>

Modulhandbuch Energy Science

Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten) (benotet).
Literatur
Siehe Literatur zu PHYSIK-B1-GR1 und Folgebände.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulname		Modulcode	
Physik III		ENERGY-B3-PH3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energiewissenschaftliches Praktikum 4		ENERGY-B3-PH3-EP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Farle		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch	15 Gruppen je 2

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

Lehrform
Pr
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen physikalische Versuchsaufbauten aus dem Grundlagenbereich, können diese fachgerecht aufbauen und benutzen. Sie können Messergebnisse auswerten, beurteilen und die Ergebnisse in geeigneter Form darstellen.
Inhalte
Empfohlene Versuche aus dem Physikalischen Anfängerpraktikum 2a: D1, D4, D5 oder D7, D8, D9, D16.
Prüfungsleistung
Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von 6 Versuchen, sowie Anfertigung der Versuchsprotokolle (unbenotet).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Walcher: „Praktikum der Physik“ • Eichler, Kronfeld, Sahn: „Das neue Physikalische Grund-praktikum“ • Bergmann-Schäfer: „Experimentalphysik“
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Wird durch Aushang bekannt gegeben.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Physik IV	ENERGY-B4-PH4
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
4	15 Wochen	P	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B3-PH3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Grundlagen der Physik 2b (Atom- und Molekülphysik, Quantenphänomene)	P	6	180 h	6
II	Energiewissenschaftliches Praktikum 5	P	3	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			9	270 h	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können physikalische Begriffe aus dem in I behandelten Bereich korrekt verwenden, sind mit den entsprechenden Phänomenen vertraut und können einfache Probleme mathematisch erfassen und selbständig lösen. Sie können die Konzepte anhand selbsttätiger Experimente nachvollziehen.
davon Schlüsselqualifikationen
Zeitmanagementtechniken, Lernstrategien, Kommunikations- und Vermittlungstechniken.

Prüfungsleistungen im Modul
6 Versuchsprotokolle in II (unbenotet); mündliche Prüfung, deren Note die Modulnote ist.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B3-PH3 und ENERGY-B4-PH4 mit dem Gewicht 18 .

Modulname		Modulcode	
Physik IV		ENERGY-B4-PH4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Grundlagen der Physik 2b (Atom- und Molekülphysik, Quantenphänomene)		ENERGY-B4-PH4-GP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können grundlegende Konzepte der Atom- und Molekülphysik, sowie der Quantenphänomene nachvollziehen, kennen die wesentlichen Experimente dazu, können deren Resultate korrekt beurteilen, einfache Probleme aus dem Bereich mathematisch erfassen und selbstständig lösen.
Inhalte
<p>Grenzen der klassischen Physik</p> <p>Atomarer Aufbau der Materie Atom- und Elektronen-Hypothese, experimentelle Methoden zur Bestimmung der Loschmidt-Zahl und Elementarladung</p> <p>Atomspektren und Atommodelle Atomare Linienspektren, ältere Atommodelle (Historischer Rückblick), Bohrsches Atommodell, Thomas-Fermi-Modell.</p> <p>Welle-Teilchen-Dualismus und Unschärferelation Welle-Teilchen-Dualismus, Unschärferelation, Beispiel zur Energie-Zeit-Unschärfe.</p> <p>Heisenbergsche Unschärferelation und Ehrenfest-Theorem als Konsequenz der Axiome Heisenbergsche Unschärferelation, Ehrenfest-Theorem.</p> <p>Wellenfunktion Wiederholung und Zusammenfassung, Erläuterung des Begriffs Wahrscheinlichkeit, Wellenfunktion zur Beschreibung eines quantenmechanischen Zustandes, allgemeiner Fall.</p> <p>Lösung der Schrödinger-Gleichung in einfachen Beispielen Streuung freier Teilchen an einer Potentialstufe, Tunneleffekt durch eine Potentialbarriere, Kastenpotential, gebundene Zustände, eindimensionaler harmonischer Oszillator, gebundene und ungebundene Zustände, Allgemeines.</p>

Das Wasserstoff-Atom, Ein-Elektron-Systeme

Aufstellung und Lösung der Schrödinger-Gleichung, Wellenfunktionen des Ein-Elektron-Systems, Emission /Absorption elektromagnetischer Strahlung, Auswahlregeln für Dipolstrahlung, Termschema

Magnetisches Dipolmoment von Bahndrehimpuls und Eigendrehimpuls des Elektrons

Bahndrehimpuls und magnetisches Moment, Zeemann-Effekt, Spin und magnetisches Moment des Elektrons, Stern-Gerlach-Experiment und Einstein-de Haas-Effekt, Spin-Bahn-Wechselwirkung, Feinstruktur

Mehr-Elektronen-Atome

Modell unabhängiger Teilchen

Zentralfeld-Näherung, Abschirmung des Kernpotentials durch die Elektronenhülle, Elektronen als ununterscheidbare = identische Teilchen, antisymmetrische und symmetrische Wellenfunktion, Austausch-Wechselwirkung, Berücksichtigung des Elektronenspins, Ortswellenfunktion, Spinwellenfunktion und Gesamtwellenfunktion, Antisymmetrie der Gesamtwellenfunktion, Elektronen als Fermionen, Niveauschema des He-Atoms, Pauli-Prinzip, Grundzustände der Viel-Elektronen-Atome, periodisches System der Elemente.

Molekülphysik

Chemische Bindung, LCAO-Methode, bindende und anti-bindende Zustände, elektronische Struktur, Born-Oppenheimer-Näherung, Rotations- und Schwingungsübergänge, optische Spektroskopie (qualitativ)

Prüfungsleistung

Mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten) (benotet).

Literatur

Siehe Literatur zu PHYSIK-B1-GR1 und Folgebände.

Weitere Informationen zur Veranstaltung

Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulname		Modulcode	
Physik IV		ENERGY-B4-PH4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energiewissenschaftliches Praktikum 5		ENERGY-B4-PH4-EP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Farle		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch	15 Gruppen je 2

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

Lehrform
Pr
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen physikalische Versuchsaufbauten aus dem Grundlagenbereich, können diese fachgerecht aufbauen und benutzen. Sie können Messergebnisse auswerten, beurteilen und die Ergebnisse in geeigneter Form darstellen.
Inhalte
Empfohlene Versuche aus dem Physikalischen Anfängerpraktikum 2b: B7, B12, B13, C11, C13, C14 oder C15.
Prüfungsleistung
Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von 6 Versuchen, sowie Anfertigung der Versuchsprotokolle (unbenotet).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Walcher: „Praktikum der Physik“ • Eichler, Kronfeld, Sahn: „Das neue Physikalische Grund-praktikum“ • Bergmann-Schäfer: „Experimentalphysik“
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Wird durch Aushang bekannt gegeben.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Theorie III	ENERGY-B3-TH3
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
3	15 Wochen	P	10

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B2-TH2

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Elektrodynamik	P	4	150 h	5
II	Mathematische Methoden der Elektrodynamik	P	4	120 h	4
III	Computerpraktikum zur Elektrodynamik	P	1	30 h	1
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			9	300 h	10

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen den Ursprung und die Dynamik elektromagnetischer Felder. Sie können analytische und rechnerbasierte Methoden der Elektrodynamik anwenden.
davon Schlüsselqualifikationen
S. o.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I, Klausurnote ist die Modulnote.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B3-TH3 und ENERGY-B4-TH4 mit dem Gewicht 24 .

Modulname		Modulcode	
Theorie III		ENERGY-B3-TH3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Elektrodynamik		ENERGY-B3-TH3-ED	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Theoretischen Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	90 h	150 h	5 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen den Ursprung und die Dynamik elektromagnetischer Felder. Sie können analytische Methoden der Elektrodynamik anwenden.
Inhalte
Maxwellgleichungen, Lorentzkraft, Skalar- und Vektorpotential, Poisson- und Laplace-Gleichung, Eichinvarianz, CPT-Invarianz, Ladungserhaltung, Elektro- und Magnetostatik, Biot-Savart-Gesetz, Multipol-Entwicklung, Spiegel-Ladungen, Feldlinien und Symmetrien, elektromagnetische Wellen und Strahlung, Elektrodynamik in Materie, Energie- und Impulsdichte des elektromagnetischen Feldes, Poynting-Theorem.
<i>[Relativistische Formulierung der Elektrodynamik: Vierervektoren, Feldstärketensor.]</i>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Jackson: Klassische Elektrodynamik; Nolting: Grundkurs theoretische Physik, Bd. 3 und 4 • Feynman: Lectures on Physics, Vol. 2 and Vol. 1 (Ch. 15-17, 28-34)
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen dieses Moduls. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulname		Modulcode	
Theorie III		ENERGY-B3-TH3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Mathematische Methoden der Elektrodynamik		ENERGY-B3-TH3-MA	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Theoretischen Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden beherrschen die mathematischen Methoden, die für ENERGY-B3-TH3-ED benötigt werden.
Inhalte
Randwertprobleme, Greensche Theoreme. Funktionentheorie: Holomorphe Funktionen, Residuensatz, analytische Fortsetzung. Distributionen: Deltafunktion, Greensche Funktion. Fouriertransformation.
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B3-TH3-ED.
Literatur
Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B3-TH3-ED.

Modulname		Modulcode	
Theorie III		ENERGY-B3-TH3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Computerpraktikum zur Elektrodynamik		ENERGY-B3-TH3-CP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Theoretischen Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch	20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
1	15 h	15 h	30 h	1 Cr

Lehrform
Übung im Computerlabor
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können Rechner zur Problemlösung und Veranschaulichung im Bereich der Elektrodynamik einsetzen. Sie besitzen Grundkenntnisse in MATHEMATICA.
Inhalte
6 Programmieraufgaben aus dem Bereich der Elektrodynamik.
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B3-TH3-ED.
Literatur
Wird im Computerpraktikum bekanntgegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B3-TH3-ED.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Theorie IV	ENERGY-B4-TH4
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
4	15 Wochen	P	14

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B3-TH3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Workload	Credits
I	Quantenmechanik	P	4	150 h	5
II	Mathematische Meth. der Quantenmechanik	P	4	120 h	4
III	Computerpraktikum zur Quantenmechanik	P	1	30 h	1
IV	Statistische Physik I	P	4	120 h	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			13	420 h	14

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen den konzeptionellen Unterschied zwischen klassischer Mechanik, Quantenmechanik und Statistischer Physik. Sie kennen die statistische Begründung der Thermodynamik und können sie anwenden. Sie können analytische und rechnerbasierte Methoden der Quantenmechanik anwenden.
davon Schlüsselqualifikationen
S. o.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I, Klausurnote ist die Modulnote.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B3-TH3 und ENERGY-B4-TH4 mit dem Gewicht 24 .

Modulname		Modulcode	
Theorie IV		ENERGY-B4-TH4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Quantenmechanik		ENERGY-B4-TH4-QM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	90 h	150 h	5 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen den konzeptionellen Unterschied zwischen klassischer Mechanik und Quantenmechanik. Sie können mit analytischen Methoden einfache quantenmechanische Probleme lösen.
Inhalte
Schrödingergleichung, eindimensionale Beispiele (Stufe, Barriere, Kasten), Ehrenfest-Theorem, Observable (Messwerte und ihre Wahrscheinlichkeit, diskretes und kontinuierliches Spektrum, Spektraldarstellung, Vertauschungsregeln, Unschärferelation), Darstellungswechsel, Dirac-Notation, Zeitentwicklung (Schrödinger-, Heisenberg- und Wechselwirkungsbild, Energie-Zeit-Unschärfe, Erhaltungsgrößen), Algebra des harmonischen Oszillators, Drehimpuls (Bahndrehimpuls, Spin, Gesamtdrehimpuls), Wasserstoffatom, Pauli Gleichung, Näherungsverfahren (zeitunabhängige und zeitabhängige Störungstheorie, Ritzsches Variationsverfahren), Potentialstreuung in Bornscher Näherung, Bosonen und Fermionen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Schwabl: Quantenmechanik • Nolting: Grundkurs theoretische Physik, Bd. 5 • Schiff: Quantum Mechanics • Cohen-Tannoudji, Diu, Laloé: Quantenmechanik, Bd. 1 und 2
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen dieses Moduls. Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Modulname		Modulcode	
Theorie IV		ENERGY-B4-TH4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Mathematische Methoden der Quantenmechanik		ENERGY-B4-TH4-MA	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Theoretischen Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden beherrschen die mathematischen Methoden, die für ENERGY-B4-TH4-QM benötigt werden. Sie kennen die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie.
Inhalte
Wahrscheinlichkeitstheorie, Gaußverteilung, Momente, statistische Unabhängigkeit, zentraler Grenzwertsatz, Korrelationsfunktionen. Hilbertraum-Theorie, Funktionenraum L^2 , vollständige Orthonormalsysteme, unitäre und selbstadjungierte Operatoren, Kommutatoren, Schwarzsche Ungleichung, Eigenwerte und Eigenvektoren selbstadjungierter Operatoren, Projektionsoperatoren, Spektraldarstellung.
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B4-TH4-QM.
Literatur
Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B4-TH4-QM.

Theorie IV		ENERGY-B4-TH4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Computerpraktikum zur Quantenmechanik		ENERGY-B4-TH4-CP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Theoretischen Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
1	15 h	15 h	30 h	1 Cr

Lehrform
Übung im Computerlabor
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können Rechner zur Problemlösung und Veranschaulichung im Bereich der Quantenmechanik einsetzen.
Inhalte
6 Programmieraufgaben aus dem Bereich der Quantenmechanik.
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B4-TH4-QM.
Literatur
Wird im Computerpraktikum bekanntgegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B4-TH4-QM.

Modulname		Modulcode	
Theorie IV		ENERGY-B4-TH4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Statistische Physik I		ENERGY-B4-TH4-SP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch	V: 90 / Üb: 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können den Status von Wahrscheinlichkeit in Quantenmechanik und Statistischer Physik unterscheiden. Sie kennen die statistische Begründung der Thermodynamik und können sie anwenden.
Inhalte
Klassische Statistische Physik: Phasenraumverteilungen, Liouville-Gleichung, Gleichgewichtsensembles, relative Schwankung extensiver Größen, Entropie, Thermodynamische Potentiale, Hauptsätze der Thermodynamik und thermodynamische Relationen, Gleichverteilungssatz, klassisches ideales Gas, van der Waals-Theorie, Phasenübergänge (Molekularfeldnäherung).
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B4-TH4-QM.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Schwabl: Statistische Mechanik • Brenig: Statistische Theorie der Wärme • Reif: Statistical Physics • Landau, Lifshitz: Lehrbuch der Theoretischen Physik, Bd. 5
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B4-TH4-QM.

**3. Studienjahr
(Auslandsjahr:
z. B. an der BME)**

Modulname	Modulcode
Energiewissenschaft II	ENERGY-B5-ES2
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Prof. Aszodi, Prof. Czifrus (Budapest University of Technology and Economics (BME))	Natural Sciences

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
5	15 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Siehe Kooperations-Abkommen mit BME

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Kernphysik	P	4	150 h	5
II	Nukleare Messtechnik	P	2	90 h	3
III	Plasmaphysik	P	4	120 h	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			10	360 h	12

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind mit den Prinzipien der experimentellen und theoretischen Kernphysik, der Plasmaphysik, den Grundlagen der Kernteilchen-Detektion sowie der Konstruktion und Funktionsweise der verbreitetsten Reaktortypen vertraut.
davon Schlüsselqualifikationen
Internationale Kommunikationsfähigkeiten.

Prüfungsleistungen im Modul
Die Modul-Prüfung besteht aus einer Klausur oder mündlichen Prüfung für jeden der Kurse I - III. Die Modulnote berechnet sich aus dem gewichteten Durchschnitt der drei Prüfungen. Das Gewicht entspricht der Summe der Credits für die Kurse I - III.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B5-ES2 und ENERGY-B6-ES3 mit dem Gewicht 24 .

		Modulcode	
Energiewissenschaft II		ENERGY-B5-ES2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Kernphysik		ENERGY-B5-ES2-NP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	90 h	150 h	5 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 3 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die grundlegenden Konzepte der experimentellen und theoretischen Kernphysik und können sie veranschaulichen.
Inhalte
Stabilität des Nukleus, Massendefekt, semi-empirische Formel für Bindungsenergie, Kern-Modelle, Kernkräfte, Arten und Theorien des radioaktiven Zerfalls, Arten von Kernreaktionen, Wirkungsquerschnitt und seine Energieabhängigkeit, Wechselwirkungen von Strahlung mit Materie, Abbremsen von Neutronen, Mechanismen von Kernspaltung und Kernfusion, wichtige Beschleunigertypen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaft II		ENERGY-B5-ES2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Nukleare Messtechnik		ENERGY-B5-ES2-NM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 1 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Methoden zum Nachweis von Kernteilchen und können sie anwenden.
Inhalte
Allgemeine Beschreibung von Kerndetektoren, Funktionsweisen, Leistungsfähigkeit, Auflösungsvermögen, Gasionisationsdetektor, Szintillationsdetektoren, Halbleiterdetektoren, Anwendungsbereiche, in Kernkraftwerken verwendete Detektoren, Spezialdetektoren, Prinzipien der Gamma- und Alpha-Spektroskopie, Kernelektronik, zugeordnete Messtechniken, Auswertung von Messungen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaft II		ENERGY-B5-ES2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Plasmaphysik		ENERGY-B5-ES2-PP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 3 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die fundamentalen Konzepte, Theorien und Gleichungen der Plasmaphysik und sind vertraut mit der Diagnostik und den Messmethoden von Plasmen.
Inhalte
Energieerzeugung, Konstruktion von Fusionsreaktoren, Lawson-Kriterium, Fundamentale Gleichungen, Inertial Fusion, Thermodynamisches Gleichgewicht, Ionisation und Strahlungsprozesse im Plasma, Magnetischer Einschluss: Konfigurationen, Teilchenzusammenstöße im Plasma, Theorie des Magnetischen Plasmas, Kinetische Theorie, MHD, Plasmawellen, Gleichgewicht und Instabilitäten im magnetisch eingeschlossenen Plasma, Plasma Diagnostik, Messmethoden, aktuelle Ergebnisse, Errungenschaften.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Energiewissenschaft III	ENERGY-B6-ES3
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Prof. Aszodi, Prof. Czifrus (Budapest University of Technology and Economics (BME))	Natural Sciences

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
6	15 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B5-ES2

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Fusionsanlagen	P	2	60 h	2
II	Thermohydraulik	P	4	120 h	4
III	Reaktorphysik	P	4	120 h	4
IV	Reaktortechnologie	P	2	60 h	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			12	360 h	12

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Grundlagen der Reaktorphysik und Thermohydraulik. Sie sind vertraut mit verschiedenen Kernreakortypen und Fusionsanlagen.
davon Schlüsselqualifikationen
Offenheit im Bezug auf kulturelle Differenzen in der Einstellung zu Technologien.

Prüfungsleistungen im Modul
Die Modul-Prüfung besteht aus einer Klausur oder mündlichen Prüfung für jeden der Kurse I - IV. Die Modulnote berechnet sich aus dem gewichteten arithmetischen Mittel der vier Prüfungen. Das Gewicht entspricht der Summe der Credits für die Kurse I - IV.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B5-ES2 und ENERGY-B6-ES3 mit dem Gewicht 24 .

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaft III		ENERGY-B6-ES3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Fusionsanlagen		ENERGY-B6-ES3-FD	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 1 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind vertraut mit der Konstruktion und den Funktionsprinzipien von Fusionsanlagen, deren wichtigsten Bestandteilen und den Forschungsrichtungen.
Inhalte
Technologische Systeme für die Realisation von Fusionsenergieerzeugung, Geschichte der Anlagen, detaillierte Beschreibung der Entwurfskonzepte, Konstruktion, wichtige Bestandteile, wesentliche Hilfssysteme des ASDEX-Upgrade, JET und ITER Tokamak und Wendelstein 7-X Stellarator, die wichtigsten neuen Forschungsrichtungen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaft III		ENERGY-B6-ES3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Thermohydraulik		ENERGY-B6-ES3-TH	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 3 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die grundlegenden Konzepte der Thermohydraulik, mit besonderer Betonung der Reaktorsicherheit und können sie veranschaulichen.
Inhalte
Technologische Umsetzung von Wärmeabfuhr für verschiedene Reaktortypen; Verteilung von Wärmequellen; Differentialgleichungen zur Wärmeleitung, Lösungen; Gleichungssystem der Hydraulik, Wärmeübertragung, Sieden, Instabilitäten, DNBR; Zweiphasenströmungen; Brennstoffwärmeverteilung, Verkleidung und Kühlmittel; Reaktorsicherheit, Auslegungsstörfälle, Thermische Grenzen, Thermohydraulische Codes.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaft III		ENERGY-B6-ES3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Reaktorphysik		ENERGY-B5-ES3-RP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 3 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Prinzipien und elementaren Formeln der Kernreaktorphysik und können sie anwenden.
Inhalte
Beschreibung des Neutronengases, Boltzmannsche Transportgleichung, Rahmenbedingungen, Konzept der Kritikalität, Diffusionstheorie, Einzel-Gruppen- und Multigruppensteuernäherungen, Zeitabhängigkeit, Kinetische Gleichung, Neutronenspektrum, Theorie der Abbremsung, Thermalisierung, Kraftstoff-Gitter, Reaktivitätskoeffizienten, Abbrand, Numerische Methoden.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaft III		ENERGY-B6-ES3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Reaktortechnologie		ENERGY-B6-ES3-RT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 1 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind vertraut mit den Kernreaktor-Typen, ihrer Charakteristik, den Hauptkomponenten und den Materialien, die zur Konstruktion der Anlagen und zur Brennstoff Herstellung verwendet werden.
Inhalte
Struktur von Kernkraftwerksreaktoren, Hauptkomponenten, Kernkraftwerkstypen, technologisch realisierbare Verfahren, Brennstoff- und Fertigungs-Arten, Materialien. Druckwasserreaktoren (DWR), herkömmliche und weiterentwickelte DWR. Siedewasserreaktoren, Schwerwasserreaktoren, andere Typen. Typische Daten von Kernreaktoren. Strukturelle Materialien, die Reaktivität kompensierende Materialien, Abschirmungsmaterialien. Strahlenschäden.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Umweltaspekte	ENERGY-B6-EA
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Prof. Aszodi, Prof. Czifrus (Budapest University of Technology and Economics (BME))	Natural Sciences

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
6	15 Wochen	P	10

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B5-ES2

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Strahlenschutz	P	2	60 h	2
II	Reaktorsicherheit	P	2	60 h	2
III	Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle	P	2	60 h	2
IV	Fortgeschrittenen Praktikum 1	P	4	120 h	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			10	300 h	10

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind vertraut mit den Prinzipien des Strahlenschutzes und seiner Anwendung bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle; sie kennen die wichtigen Konzepte und Auswirkungen der Reaktorsicherheit und können die in ENERGY-B5-ES2 gelernten grundlegenden Prinzipien anwenden.
davon Schlüsselqualifikationen
Wie kann man technologische Risiken rational bewerten und damit umgehen.

Prüfungsleistungen im Modul
Die Modul-Prüfung besteht aus einer Klausur oder mündlichen Prüfung für jeden der Kurse I - III und der Note für den Kurs IV. Die Modulnote berechnet sich aus dem gewichteten arithmetischen Mittel der vier Noten. Das Gewicht entspricht der Summe der Credits für die Kurse I - IV.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note für das Modul ENERGY-B6-EA zählt mit dem Gewicht 10 .

Modulname		Modulcode	
Umweltaspekte		ENERGY-B6-EA	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Strahlenschutz		ENERGY-B6-EA-RP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind vertraut mit den Auswirkungen der Strahlung und den Grundsätzen des Schutzes gegen verschiedene Strahlungsarten.
Inhalte
Physikalische, biochemische und biologische Effekte ionisierender Strahlung, Dosis-Konzepte, Radionuklide im lebenden Organismus, Strahlenschutz-Prinzipien, Vorschriften, Grenzwerte, Dosis-Kalkulation und –Messmethoden, Abschirmung, Notfallmaßnahmen, natürliche und künstliche Quellen der Strahlungsdosis.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Umweltaspekte		ENERGY-B6-EA	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Reaktorsicherheit		ENERGY-B6-EA-NS	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 – 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind vertraut mit den Prinzipien des sicheren Betriebs von Nuklearanlagen.
Inhalte
Konzepte und Messmethoden zur Reaktorsicherheit. Deterministische und wahrscheinlichkeitstheoretische Sicherheitsbeurteilung. Der Sicherheitsaspekt bei verschiedenen Kernkraftwerkstypen. Forschungsarbeiten zur Reaktorsicherheit. Gesetze und Verordnungen zur sicheren Nutzung der Kernenergie, Internationale Organisationen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Umweltaspekte		ENERGY-B6-EA	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle		ENERGY-B6-EA-RW	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 – 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Konzepte und Prinzipien, die den Sicheren Umgang, das Management, die Transmutation und die Entsorgung von radioaktivem Abfall betreffen.
Inhalte
Definition, Klassifikation und Qualifikation von Atommüll. Atommüllherkunft, kerntechnische, industrielle, medizinische Quellen. Techniken zur Volumenreduktion und Aufbereitung. Analyseverfahren, Langzeitrisiken von hochbelastetem Atommüll. Transmutation als potenzielles Werkzeug. Trennungstechnologien. Zwischen- und Endlagerung. Berechnung der Ausbreitung.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Umweltaspekte		ENERGY-B6-EA	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Fortgeschrittenen-Praktikum 1		ENERGY-B6-EA-EP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des Institute of Nuclear Techniques (NTI)		NTI	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Pr
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können die Prinzipien der Kern- und Reaktorphysik, der nuklearen Messtechnik und Thermohydraulik anwenden.
Inhalte
6 Praktikums-Übungen im Trainingsreaktor zur Reaktorphysik und nuklearen Messtechnik, 4 Simulator-Übungen zur Reaktorphysik und Thermohydraulik und 2 thermohydraulische Messungen.
Prüfungsleistung
Die Studierenden planen 12 Experimente und führen sie aus. Sie analysieren die Messergebnisse und dokumentieren sie in einem Bericht. Jeder Bericht wird benotet und die Kursnote ist das aus allen Berichtsnoten gebildete arithmetische Mittel.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Richtlinien und Vorschriften über den Zutritt zum Trainingsreaktor.

Modulname	Modulcode
Vertiefung I	ENERGY-B5-AS1
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Prof. Kertész, Prof. Szunyogh (Budapest University of Technology and Economics (BME))	Natural Sciences

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
5	15 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Siehe Kooperations-Abkommen mit BME

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Festkörperphysik 1 (exp)	P	4	120 h	4
II	Rechnergestützte Physik (th)	WP	3	90 h	3
III	Atom- und Molekularphysik (th)	WP	3	90 h	3
IV	Dynamische Systeme (th)	WP	2	60 h	2
V	Transportphänomene (th)	WP	2	60 h	2
VI	Physikalische Optik (th)	WP	4	150 h	5
VII	Lasertechnologie (exp)	WP	2	60 h	2
VIII	Laserphysik (exp)	WP	2	90 h	3
IX	Spektroskopie und Struktur der Materie (exp)	WP	2	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			≥ 10	≥ 360 h	12 – 14

(exp) Experimentalphysik (th) Theoretische Physik

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden verstehen die Basiskonzepte der Festkörperphysik und können sie anwenden. Sie beginnen ihr Fachwissen in ausgewählten Bereichen der Theoretischen oder Experimentalphysik zu vertiefen.
davon Schlüsselqualifikationen
Die Studierenden stellen ein Portfolio aus persönlichen Kompetenzen zusammen. Sie erkennen sowohl persönliche Stärken als auch Schwächen und entscheiden entsprechend über zweckmäßige Lernwege.

Modulhandbuch Energy Science

Prüfungsleistungen im Modul
Es sind Kurse mit einer Summe von 12 bis 14 Credits zu wählen. Die Modul-Prüfung besteht aus einer Klausur oder mündlichen Prüfung für jeden der gewählten Kurse. Die Modulnote berechnet sich aus dem gewichteten arithmetischen Mittel dieser Prüfungen. Das Gewicht entspricht der Summe der Credits der gewählten Kurse.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Zählt mit dem Gewicht 12 .

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Festkörperphysik 1		ENERGY-B5-AS1-SSP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden verstehen die Basiskonzepte der Festkörperphysik und können sie anwenden.
Inhalte
Kristallsymmetrien, Kristallstrukturen, Bravais-Gitter. Beugungstheorie, Strukturfaktor, Atomformfaktoren. Röntgenstrahlen, Elektronen- und Neutronenstreuungs-Experimente. Gittervibrationen in harmonischer Approximation, dynamische Matrix, Normalkoordinaten, Dispersionsrelation, Zustandsdichte. Quantenbeschreibung der Gittervibrationen, Energie und Impuls von Phononen, experimentelle Messungen der Dispersionsrelation, Bose-Einstein Statistik, Wärmekapazität von Festkörpern, Debye Approximation. Drude-Modell für Elektronen, Transport und optische Eigenschaften, Fermi-Dirac-Statistik, Wärmekapazität, magnetische Suszeptibilität eines Elektronengases, Bloch-Elektronen, Bänderstruktur in dem Modell der quasifreien Elektronen und dem Tight-Binding-Modell, Effektive Masse.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Charles Kittel: Introduction to Solid State Physics (Wiley, New York, 1986) • N. W. Ashcroft and N. D. Mermin: Solid State Physics (Saunders, Philadelphia, 1976)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Rechnergestützte Physik		ENERGY-B5-AS1-CP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Projekt (Pj: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Theoretischer Physik vertieft.
Inhalte
Der Kurs hat das Ziel einfache Simulationstechniken auf der Grundlage der Statistischen Physik und Programmierung zu zeigen. Begonnen wird mit einer Zusammenfassung der Schwerpunkte der Statistischen Physik (Ensembles, Mittelwerte, Fluktuationen, Ideale Gase, Interagierende Systeme, Phasenübergänge, Lineare Response-Theorie, Transport- und Stochastische Prozesse). Hauptthemen: Monte-Carlo-Methode (Zufallszahlen erzeugen, Importance Sampling, Metropolis-Algorithmus, Randbedingungen, Ensembles, Mittelwerte, Charakteristische Zeit). Phasenübergänge (Skalierung endlicher Größen, kritische Verlangsamung, Beschleunigungstechniken). Algorithmische Eigenschaften von Diskreten Modellen (Perkolation, Magnetische Modelle, Gittergase, Zelluläre Automaten, Wachstumsmodelle). Stochastische Differentialgleichungen (Klassifikation, Peggelklassen, Methoden, Instabilitäten). Molekulardynamik (Wechselwirkungen, Problemlösungstechniken, Ensembles, Ereignisgesteuerte Molekulardynamik, Instabilitäten).
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • K. Binder (ed.): Monte Carlo Simulation in Statistical Physics (Springer, 1986) • D. Heermann: Computer Simulation in Theoretical Physics (Springer, 1990) • J.Kertész and I. Kondor (eds.): Advances in Computer Simulation (Springer, 1997) • W. Kinzel, G. Reents, M. Clajus, B.Freeland-Clajus: Physics by Computer (Springer, 97)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Atom- und Molekularphysik		ENERGY-B5-AS1-AM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Theoretischer Physik, an der Schnittstelle zur Chemie, vertieft.
Inhalte
Wiederholung der Prinzipien und Zusammenhänge der Quantenmechanik (Harmonischer Oszillator, Momentum, Wasserstoffatom, Spin, Streuung, Perturbation, Bewegung im elektromagnetischen Feld, relativistische Quantenmechanik). Basierend auf den oben genannten Prinzipien zeigt der Kurs die Grundlagen der folgenden Themen: Schrödinger-Gleichung für Vielteilchensysteme, Born-Oppenheimer-Näherung, Hartree-Fock-Methode, Roothan-Gleichung, Basisfunktionen, Elektronensysteme von Atomen, Gruppentheorie und Eigenschaften von Wellenfunktionssymmetrien, Dichtematrix, Virialtheorem, Hellmann-Feynman-Theorem, Elektronensysteme von Molekülen, Dichtefunktionaltheorie.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Dynamische Systeme		ENERGY-B5-AS1-DS	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Theoretischer Physik vertieft.
Inhalte
<p>Diese Veranstaltung untersucht das qualitative Verhalten von Deterministischen Modellen, die in verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebieten, wie der Physik, Chemie oder Biologie, verwendet werden. Innerhalb dieser Themenstellung behandelt dieser Kurs Systeme die mit einfachen Differenzialgleichungen und Abbildungen beschrieben werden können.</p> <p>Die folgenden Themen werden diskutiert: Lotka-Volterra- und Brusselator-Modell, konservative und Limit-Cycle Oszillationen, Attraktoren und Bifurkationen von dissipativen Systemen, lokale und globale Stabilität, Logistische Gleichung, Ljapunow-Exponent, Chaos.</p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • J.M.T. Thompson, H.B.Stewart: Nonlinear Dynamics and Chaos (Wiley 1986) • P.Gray, S.K.Scott: Chemical Oscillations and Instabilities (Clarendon, Oxford, 1994)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Transportphänomene		ENERGY-B5-AS1-TP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Theoretischer Physik vertieft.
Inhalte
Während physikalischer und chemischer Prozesse werden verschiedene Quantitäten transportiert. Das Verständnis dieser Prozesse ist wichtig für die Praxis. Die folgenden Themen werden abgedeckt: Gleichgewichts-Gleichungen, Zustandsgleichungen, konstitutive Gleichungen, Erhaltungssätze, Massen und Komponenten Gleichgewicht, Bilanz der inneren Energie, Fouriersches Gesetz, Gleichungen der Wärmeleitung und ihre analytischen Lösungen, Greensche Funktion, Diffusion, Membranen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • H. S. Carslaw, J. C. Jaeger: Conduction of heat in solids (Clarendon, Oxford, 1959) • M. Mulder: Basic principles of membrane technology (Kluwer Academic, 1992) • J. Crank: The mathematics of diffusion (Clarendon, Oxford, 1975)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Physikalische Optik		ENERGY-B5-AS1-PO	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	90 h	150 h	5 Cr

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Theoretischer Physik vertieft.
Inhalte
Das Hauptziel des Kurses ist die Einführung moderner Modelle der Lichtausbreitung und die Einübung deren Anwendung für die Beschreibung von grundlegenden optischen Phänomenen. Basierend auf der klassischen Theorie der Elektromagnetischen Wellen werden folgende Themen diskutiert: Ausbreitung in homogenen isotropen und anisotropen Medien, dünne optische Filme, dielektrischer Wellenleiter, Geometrische Optik und Fresnel-Kirchhoffsche Beugungstheorie.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> Born, Wolf: Principles of Optics (Pergamon Press) Saleh, Teich: Fundamentals of Photonics (John Wiley & Sons, Inc. 1991).
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Lasertechnologie		ENERGY-B5-AS1-LT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Experimentalphysik vertieft.
Inhalte
Licht-Materie Wechselwirkung. Mechanismen der Linienverbreiterung. Prozesse des Optischen Pumpens. Gesättigte homogene und inhomogene kohärente Verstärker. Optische Resonatoren und Resonatormodi. Gauß'sche Bündel. Laserbetrieb: Bedingungen für Verstärkung und Phase. Einsatz gepulster Laser. Eigenschaften von Laserstrahlung: Bandbreite, Kohärenz, Richtcharakteristik und Leuchtdichte. Lasertypen und Anwendungen von Lasern.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> Saleh, Teich: Fundamentals of Photonics (John Wiley & Sons, Inc. 1991)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Laserphysik		ENERGY-B5-AS1-LP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Experimentalphysik vertieft.
Inhalte
Diese Veranstaltung ist die Fortsetzung des Kurses Lasertechnologie. Semi-klassische- und Quantentheorie des Lasers. Frequenz und Bandbreite der Lasermoden. Frequenzverdopplung, nichtlineare Polarisierung, Phasenübereinstimmung, parametrische Oszillation. Ultrakurze Pulse. Synchronisation der Moden, Pulskompression, geschirpte Spiegel. Fiberlaser und Solitons. Abstimmbare ultrakurze Pulse. Pulsformung. Erzeugung und Messung von TW ultrakurzen und attosekunden Pulsen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • O. Svelto: Principles of lasers (Springer 1998) • W. Demtröder: Laser Spectroscopy, Vol. 2: Experimental Techniques (Springer 2008)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung I		ENERGY-B5-AS1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Spektroskopie und Struktur der Materie		ENERGY-B5-AS1-SSM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
5	WS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Experimentalphysik vertieft.
Inhalte
<p>Der Kurs kombiniert Elemente der Elektrodynamik, der Quantenmechanik, der Gruppentheorie, der Statistischen Physik, der Optik und der optischen Messtechnik bezüglich der Verwendung von Spektroskopie zur Materialcharakterisierung und Strukturaufklärung.</p> <p>Hauptsächlich werden optische Techniken verwendet (Infrarot- und UV/Vis- Absorptions- und Reflexions-Spektroskopie, Raman-Streuung, Ellipsometrie, optische Rotationsdispersion, Circulardichroismus), aber es werden auch andere Themenbereiche wie Innerschalenanregungen (Röntgen- und Photoelektronen-Spektroskopie) behandelt.</p> <p>Der Zweck der Veranstaltung ist die Vorbereitung der Studierenden auf die Entscheidung mit welcher spektroskopischen Methode eine spezifische Fragestellung beantwortet werden kann und die Fähigkeit die ermittelten Resultate grundsätzlich zu interpretieren.</p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • G. R. Fowles: Introduction to Modern Optics (Dover, 1989) • F. Wooten: Optical Properties of Solids (Academic Press, 1972) • H. Kuzmany: Solid State Spectroscopy, an Introduction (Springer, Berlin, Heidelberg, 1998).
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Vertiefung II	ENERGY-B6-AS2
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Prof. Kertész, Prof. Szunyogh (Budapest University of Technology and Economics (BME))	Natural Sciences

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

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

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Siehe Kooperations-Abkommen mit BME

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Seminar	P	2	90 h	3
II	Kritische Phänomene (th)	WP	2	90 h	3
III	Neue Experimente in der Nanophysik (exp)	WP	2	90 h	3
IV	Kristalline und amorphe Materialien (exp)	WP	2	90 h	3
V	Optische Spektroskopie (exp)	WP	2	90 h	3
VI	Wavelets, kohärente Zustände und Multiskalenanalyse (th)	WP	2	90 h	3
VII	Festkörperphysik II (th)	WP	2	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				180 h	6

(exp) Experimentalphysik (th) Theoretische Physik

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben Erfahrungen in der Vorbereitung und Präsentation eines wissenschaftlichen Themas gesammelt und können dies vor einem ausländischen Publikum verständlich vortragen. Sie haben ihr Wissen in ausgewählten naturwissenschaftlichen Gebieten vertieft.
davon Schlüsselqualifikationen
Teamwork. Die Fähigkeit das Wesentliche zu erfassen, während man dem Vortrag zuhört und an der anschließenden Diskussion teilnimmt.

Modulhandbuch Energy Science

Prüfungsleistungen im Modul
Die Modul-Prüfung besteht aus der Seminar Präsentation und einer Klausur oder mündlichen Prüfung für einen der gewählten Kurse II - VII. Die Modulnote berechnet sich aus dem gewichteten arithmetischen Mittel der beiden Prüfungen.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Zählt mit dem Gewicht 6 .

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Vertiefung II		ENERGY-B6-AS2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Seminar		ENERGY-B6-AS2-SE	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
Se
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben Erfahrungen in der Vorbereitung und Präsentation eines wissenschaftlichen Themas gesammelt und können dies vor einem ausländischen Publikum verständlich vortragen.
Inhalte
Verschiedene moderne naturwissenschaftliche Themen.
Prüfungsleistung
Seminar Präsentation auf Englisch (benotet).
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung II		ENERGY-B6-AS2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Kritische Phänomene		ENERGY-B6-AS2-SC	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Theoretischer Physik vertieft.
Inhalte
Das Verstehen von quanten-kritischen Phänomenen und ihre Verbindung zur Renormierungsgruppe gehört zum Grundlagenwissen moderner Festkörper-Physiker. Die Veranstaltung baut auf den Kursen Statistische Physik und Quantenmechanik auf und führt die Begriffe der Skaleninvarianz und der Renormierungsgruppe ein, vermeidet aber die üblichen theoretischen Formalismen des Schwerfelds. Die Veranstaltung ist ausgerichtet an folgenden Themen: kritische Phänomene (Einfache Systeme, Universalität, Molekularfeldtheorie), die Renormierungsgruppe (das eindimensionale Ising-Modell, Wilson's Renormierungsgruppen Transformation, feste Punkte, kritische Dimensionen, Korrelationsfunktionen), Phasendiagramme und Skalierung (Übergangsphänomene, Skalierung endlicher Größen, Dimensionsübergang, Quanten-Kritikalität), der störungstheoretische Skalierung Ansatz, (Hamilton-Fixpunkt, Operator zur Produkterweiterung, Epsilon Entwicklung, Anisotropie), niedrig dimensionale Systeme (niedrigere kritische Dimensionen), das XY-Model, Kosterlitz-Thouless-Phasen-Übergang, das O(n)-Modell in $2 + \epsilon$.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • John Cardy: Scaling and Renormalization in Statistical Physics, (Cambridge University Press, 1997) • N. Goldenfeld: Lectures on phase transitions and the renormalization group, (Addison-Wesley, 1992).
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung II		ENERGY-B6-AS2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Neue Experimente in der Nanophysik		ENERGY-B6-AS2-NP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Experimentalphysik vertieft.
Inhalte
<p>Im Nanometerbereich führt das kohärente Verhalten und die Wechselwirkungen von Elektronen, wie die Körnigkeit der Materie zu markanten Phänomenen, die zum Forschungsbereich der Nanophysik gehören. Der Kurs gibt einen Überblick über die jüngsten grundlegenden Errungenschaften in der Nanophysik mit Schwerpunkt auf der Demonstration und dem Verständnis für neuere experimentelle Ergebnisse. Die folgenden Themen werden besprochen:</p> <p>Herstellung von Halbleiter-Nanostrukturen; Nanodraht; Interferenzphänomene in Nanostrukturen; Schrotrauschen; Quanten-Hall-Effekt; Quantenpunkte; supraleitende Nanostrukturen; Proximity-Effekt.</p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • S. Datta: Electronic Transport in Mesoscopic Systems (Cambridge University Press, 1997) • Thomas Ihn: Halbleiter Nanostrukturen (http://www.nanophys.ethz.ch/vorlesung/hlnano/) • Beenakker, van Houten: Quantum Transport in Semiconductor Nanostructures (http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0412664).
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung II		ENERGY-B6-AS2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Kristalline und amorphe Materialien		ENERGY-B6-AS2-CA	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Experimentalphysik vertieft.
Inhalte
Kristalline, amorphe und glasartige Zustände. Klassifikation von amorphen Halbleitern und Chalkogenidgläsern. Präparationen. Phillips-Theorie. Strukturuntersuchungen: Beugungs- und Computermodelle. Mott's (8-N) Regel. Elektronische Strukturen. DOS, Ladungsfluktuationen, Dotierung. Defekte, Freie Bindungen, Lücken, Strukturdefekte. Photoinduzierte Effekte. Optische Eigenschaften. Anwendungen: Solarzellen, Xerox, DVD, etc. Gleichgewichts- und Nichtgleichgewichtsphasen. Quenching, Glasübergang, Kinetik. Strukturen von Metalllegierungen. Methoden. Elektronische Struktur und magnetische Eigenschaften von amorphen Metalllegierungen.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • K. Morigaki: Physics of Amorphous Semiconductors (World Scientific, 1999) • Jai Singh, Koichi Shimakawa: Advances in Amorphous Semiconductors (Taylor and Francis, 2003) • Jai Singh: Optical Properties of Condensed Matter (Wiley, 2006).
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung II		ENERGY-B6-AS2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Optische Spektroskopie		ENERGY-B6-AS2-OS	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Experimentalphysik vertieft.
Inhalte
<p>Elektromagnetische Wellen im Vakuum und einem Medium; komplexe dielektrische Funktion, Schnittstellen, Reflexion und Transmission.</p> <p>Optische Leitung in Dipolnäherung; Lineare Response-Theorie, Kramers-Kronig-Beziehungen, Summenregel.</p> <p>Einfache optische Modelle der Metalle und Isolatoren, Drude-Modell, Lorentz-Oszillator, Optische Phonone, Elektron-Phonon-Interaktion, Optische Spektroskopie: monochromatische und Fourier-Transformations-Spektrometer.</p> <p>Optische Spektroskopie an wechselwirkenden Elektronensystemen: Exziton, Metall-Isolator-Übergang, Supraleiter.</p> <p>Magnetooptik: Methoden und aktuelle Anwendungen.</p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • H. Kuzmany: Solid State Spectroscopy (Springer, 1998) • L. Mihály, M.C. Martin: Solid State Physics: Problems and Solutions (Wiley, 1996) • S. Sugano, N. Kojima: Magneto-optics (Springer, 1999).
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung II		ENERGY-B6-AS2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Wavelets, kohärente Zustände und Multiskalenanalyse		ENERGY-B6-AS2-WC	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Theoretischer Physik vertieft.
Inhalte
<p>Charakterisierung komplexer Verteilungen unter Verwendung einfach interpretierbarer Funktionen der Fourier-Analyse. Zeit-Frequenz-Analyse, window Fourier-Transformation. Gábo-Transformation. Unschärferelation. Shannon-Theorem. Stetige Wavelet-Transformation. Kohärente Zustände. Die Weyl-Heisenberg- und die C-Gruppe.</p> <p>Die Verallgemeinerung der Hilbertraumbasis: Frames. Diskrete Wavelet-Transformation. Rieszbasen. Multiskalenanalyse. Die verfeinerte Gleichung. Biorthogonale und orthogonale Skalierungsfunktionen.</p> <p>Kompaktes Wavelet, Konstruktion der Daubechies-Wavelets. Stetigkeit Differenzierbarkeit, verschwindende Momente, Matricelemente von physikalischen Operatoren in Wavelet Basen.</p>
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Ingrid Daubechies: Ten Lectures on Wavelets (SIAM Philadelphia, 1992) • Charles K. Chui: An Introduction to Wavelets (Academic Press, Sa Diego, 1992) • Ola Bratteli, Palle Jorgensen: Wavelets Through a Looking Glas (Birkhauser, Boston, 2002)
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung II		ENERGY-B6-AS2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Festkörperphysik II		ENERGY-B6-AS2-BS	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
6	SS	Englisch	10 - 20

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihr Fachwissen in Theoretischer Physik vertieft.
Inhalte
Dieser Kurs zeigt die Beschreibung von interagierenden Vielteilchensystemen (hauptsächlich Elektronensysteme) mit den folgenden Subjekten: Identische Partikel, Zweite Quantisierung, interagierende Elektronensysteme in Bloch- und Wannier-Basis, Ferromagnetismus von Metallen, Lineare Response-Theorie, Suszeptibilität von Metallen, Spindichtefunktionen, Bose-Flüssigkeiten.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten), wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Abrikosov, Gorkov, Dzyaloshinski: Methods of quantum field theory in statistical physics, Chapter 3. Second quantization. • Further recommendations will be given in the course.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Studium Liberale - E3	ENERGY-B5-SL
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Prof. Kertész, Prof. Szunyogh (Budapest University of Technology and Economics (BME))	Natural Sciences

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ba

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
5 und 6	30 Wochen	P	8

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Wahlpflicht (nicht aus dem Bereich Natur- oder Ingenieurwissenschaften)	WP	variiert	30-240 h	1 - 8
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				240 h	8

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erweitern ihre Sichtweise und schärfen ihr intellektuelles Profil.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Wird zu Beginn des jeweiligen Kurses bekannt gegeben.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote ist kein Bestandteil der Gesamtnote.

4. Studienjahr

Modulname	Modulcode
Energiewissenschaft IV	ENERGY-B7-ES4
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Bachelor plus

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
7	15 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B5-AS1 und –B6-AS2

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Energierrelevante Materialien: Umwandlung von Solarenergie	WP	2	90 h	3
II	Energierrelevante Materialien: Thermoelektrik	WP	2	90 h	3
III	Energierrelevante Materialien: (andere Kurse werden von den Fakultäten Physik, Chemie oder Ingenieurwissen- schaften angeboten)	WP	2	90 h	3
IV	Fortgeschrittenen-Praktikum 2	P	6	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			10	360 h	12

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen Möglichkeiten zur Optimierung der Effektivität von Energiewandlung oder der Kapazität von Energiespeicherung oder der Eigenschaften des Energietransport durch entsprechende Werkstoffentwicklung.
davon Schlüsselqualifikationen
Die Studierenden haben durch Erfahrungen moderne Messmethoden kennen gelernt und sie wissen wie man Experimente plant.

Prüfungsleistungen im Modul
Eine Klausur oder mündliche Prüfung in zwei der Kursen I – III.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B7-ES4 und ENERGY-B8-ES5 mit dem Gewicht 21 .

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaften IV		ENERGY-B7-ES4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energierrelevante Materialien: Umwandlung von Solarenergie		ENERGY-B7-ES4-CS	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	30

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studenten sind vertraut mit den häufig benutzten Materialien für die Wandlung von Sonnenenergie und wissen wie sie optimiert werden können und welche Potentiale zur weiteren Optimierung vorhanden sind.
Inhalte
Die Konzentration der Materialforschung auf Werkstoffe für die Wandlung von Sonnenenergie in Elektrizität (Photovoltaik), in Wärme (Solarheizung) oder in chemische Energie (Solare Chemie).
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaften IV		ENERGY-B7-ES4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energierrelevante Materialien: Thermoelektrik		ENERGY-B7-ES4-TE	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik oder Ingenieurwissenschaften		Physik oder Maschinenbau	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	30

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen Strategien um die Effektivität von thermoelektrischen Materialien zu verbessern.
Inhalte
Die Konzentration der Materialforschung auf Werkstoffe für die Wandlung von Abwärme in Elektrizität (oder für effiziente elektrische Kühlung).
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaften IV		ENERGY-B7-ES4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Energierrelevante Materialien: ...		ENERGY-B7-ES4-EM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften			WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	30

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind vertraut mit modernen Konzepten der Materialwissenschaften, die die Energiewissenschaften betreffen.
Inhalte
Andere Veranstaltungen über energierelevante Materialien, z. B. "Strukturbildung und Selbstorganisation", "Materialien für die Energiespeicherung", "Multiferroics für Energiewandlung und -speicherung", ...
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaften IV		ENERGY-B7-ES4	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Fortgeschrittenen-Praktikum 2		ENERGY-B7-ES4-EP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Prof. Dr. Lorke		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	30

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

Lehrform
Pr
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben durch Erfahrungen gelernt Experimente zu planen. Sie kennen fortgeschrittene Messmethoden.
Inhalte
Sechs Experimente aus dem Praktikum für Fortgeschrittene der Physik oder eine vergleichbare Auswahl z. B. in Verbindung mit Veranstaltung II.
Prüfungsleistung
Die Studierenden bereiten sechs Experimente vor und führen sie aus. Sie werten die Versuche aus und stellen die Ergebnisse in einem Bericht dar. Dieser Teil des Moduls muss absolviert werden, wird aber nicht benotet.
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Energiewissenschaft V	ENERGY-B8-ES5
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Bachelor plus

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
8	15 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Einführung in die Energiewirtschaft	P	4	180 h	6
II	Industriepraktikum	P	-	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			4	360 h	12

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen Energie als Wirtschaftsgut und können Berufsfelder auswählen.
davon Schlüsselqualifikationen
(Zum Teil selbstständige) Aneignung wirtschaftswissenschaftlicher Grundkenntnisse, Teamfähigkeit.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur oder mündliche Prüfung in I.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Es zählt die bessere der Noten für die Module ENERGY-B7-ES4 und ENERGY-B8-ES5 mit dem Gewicht 21 .

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaften V		ENERGY-B8-ES5	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscod	
Einführung in die Energiewirtschaft		ENERGY-B8-ES5-EW	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Wirtschaftswissenschaften		Wirtschaftswiss.	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
8	SS	Deutsch	V: 180 / Üb: 60

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

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen Energie als Wirtschaftsgut.
Inhalte
<p>Teil I: Treibende Faktoren der Energiemarktentwicklung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Energienachfrage – Wozu brauchen wir Energie? – Energiereserven – Was können wir nutzen? – Energie und Umwelt – Was haben Klimawandel und Energienutzung miteinander zu tun? <p>Teil II: Überblick über wesentliche Energiemärkte</p> <ul style="list-style-type: none"> – Mineralöl – Erdgas – Strom – Fernwärme – Stein- und Braunkohle – Kernenergie – Erneuerbare Energieträger
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Energiewissenschaften V		ENERGY-B8-ES5	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Industriepraktikum		ENERGY-B8-ES5-IP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
8	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
-	-	180 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Praktikum in einem Unternehmen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Einblicke in die betriebliche Praxis und charakteristische Arbeitsvorgänge und deren Zusammenwirken im Funktionsablauf moderner Unternehmen. Zusammenhang zwischen akademischen Lehrinhalten und betrieblicher Praxis.
Inhalte
Vierwöchiges Industriepraktikum, von einem Mitglied der Fakultät für Physik mitbetreut. Die Studierenden arbeiten in einem Unternehmen dort mit, wo Naturwissenschaftler, Ingenieure oder Mitarbeiter mit entsprechender Qualifikation tätig sind. Sie bearbeiten Aufgaben der verschiedenen Tätigkeitsfelder exemplarisch unter wissenschaftlicher Anleitung und Betreuung eines Dozenten der Fakultät für Physik. Dabei werden sie mit Problemdefinition und Lösungsstrategien, mit Teamarbeit und Zeitmanagement vertraut gemacht.
Prüfungsleistung
Siehe Veranstaltung ENERGY-B8-ES5-EW.
Literatur
-
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Studierende sollen sich aktiv bei Dozenten für ein Industriepraktikum mindestens 4 Monate vor angestrebtem Beginn bewerben. Wöchentliche Rücksprachen mit dem Betreuer über den Fortgang des Praktikums werden empfohlen. Das Praktikum kann auch in der vorlesungsfreien Zeit durchgeführt werden. Es kann auch als Einstieg in die Bachelor-Arbeit dienen.

Modulname	Modulcode
Theorie V	ENERGY-B7-TH5
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Bachelor plus

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
7	15 Wochen	P	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B4-TH4

Zugehörige Lehrveranstaltungen¹⁾:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Statistische Physik II (Irreversible Prozesse)	P	6	180 h	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6	180 h	6

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen den Ursprung der Irreversibilität. Sie sind vertraut mit modernen Konzepten auf dem Spezialgebiet der Theoretischen Physik oder der Chemie.
davon Schlüsselqualifikationen
Urteilsfähigkeit im persönlichen Berufsprofil.

Prüfungsleistungen im Modul
Eine mündliche Prüfung.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Zählt mit dem Gewicht 6 .

1) Der Wahlpflichtkanon kann durch Beschluss des Prüfungsausschusses erweitert werden

Modulname		Modulcode	
Theorie V		ENERGY-B7-TH5	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Statistische Physik II (Irreversible Prozesse)		ENERGY-B7-TH5-IP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	V: 90 / Üb: 20

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

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Statistische Theorie von idealen Quantengasen. Sie haben eine Vorstellung vom Ursprung der Irreversibilität der Naturprozesse. Sie können Basiskonzepte der statistischen Physik des Nichtgleichgewichts und der Transporttheorie anwenden.
Inhalte
Statistische Quantenphysik: Dichte-Operator, ideale Fermi- und Bose-Gase. Poincaré-Zyklus, Onsager-Theorie, Boltzmann-Gleichung, Lineare Response-Theorie, Thermoelektrische Koeffizienten, ballistischer und diffusiver Transport, Brown'sche Bewegung, Einstein-Beziehung, Langevin- und Fokker-Planck-Gleichung.
Prüfungsleistung
Eine mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Schwabl: Statistische Mechanik • Brenig: Statistische Theorie der Wärme • Reif: Thermal and Statistical Physics. Datta: Electronic Transport in Mesoscopic Systems.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
Vertiefung III	ENERGY-B7-AS3
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Bachelor plus

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
7 und 8	30 Wochen	P	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	ENERGY-B5-AS1 und ENERGY-B5-AS2.

Zugehörige Lehrveranstaltungen¹⁾:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Fachkurse in Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften aus PHYSIK-M1-VT1 bis –VT4 ²⁾ oder ENERGY-B3-ET (nicht bereits belegte Kurse)	WP	2 – 3	90 h	3
II		WP	2 – 3	90 h	3
III		WP	2 – 3	90 h	3
IV	Verkehrsphysik	WP	2	90 h	3
V	Supraleitung und Magnetismus	WP	2	90 h	3
VI	Ökonophysik	WP	2	90 h	3
VII	Theoretische Aspekte der Energiespeicherung	WP	2	90 h	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			6 - 9	270 h	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind vertraut mit modernen Konzepten der von ihnen gewählten Spezialgebiete der Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften.
davon Schlüsselqualifikationen
Urteilsfähigkeit im persönlichen Berufsprofil.

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur oder mündliche Prüfung in den gewählten Lehrveranstaltungen. Als Modulnote wird das arithmetische Mittel der Einzelnoten gebildet und nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Zählt mit dem Gewicht 9 .

¹⁾ Der Wahlpflichtkanon kann durch Beschluss des Prüfungsausschusses erweitert werden

²⁾ Siehe Modulhandbuch für das Master-Programm Physik an der Universität Duisburg-Essen.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Vertiefung III		ENERGY-B7-AS3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Wahlpflichtkurse aus PHYSIK-M1-VT1 bis -VT4 ¹⁾ oder ENERGY-B3-ET		ENERGY-B7-AS3-XX	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7 oder 8	WS oder SS	Englisch oder Deutsch	V: 90 / Üb: 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			90 h	3 Cr

Lehrform
V und Üb
Lernergebnisse / Kompetenzen
Je nach gewählter Lehrveranstaltung.
Inhalte
Je nach gewählter Lehrveranstaltung.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung

¹⁾ Siehe Modulhandbuch für das Master-Programm Physik an der Universität Duisburg-Essen.

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Vertiefung III		ENERGY-B7-AS3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Verkehrsphysik		ENERGY-B7-AS3-PT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	90

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studenten sind vertraut mit den Lösungsansätzen moderner Verkehrsmodellierungen und Mobilitätskonzepten.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> - Klassifikation von Verkehrssystemen - Datenbeschaffung und -bearbeitung - Datenanalyse und Identifizierung von Verkehrsphasen - Makro-, meso- und mikroskopische Modelle - Simulationsmethoden - Analytische Ergebnisse und Annäherungswerte - Agentenbasierte Modelle - Zugehörige Systeme - Informationsgenerierung
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • B. S. Kerner: The Physics of Traffic • D. Helbing: Verkehrsdynamik • D. Chowdury, L. Santen, A. Schadschneider: Statistical Physics of Vehicular Traffic and some related Systems
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung III		ENERGY-B7-AS3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Supraleitung und Magnetismus		ENERGY-B7-AS3-SM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	90

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die theoretischen Beschreibungen und Erklärungen von Supraleitung und kollektiver Magnetismus.
Inhalte
Supraleitung: Experimentelle Fakten, Cooper-Paare, BCS-Theorie, Ginzburg-Landau-Theorie, Tunnel Phänomene in Supraleitern, Josephson-Effekt. Magnetismus: Austauschinteraktion, Kristallgitter-Modelle, Molekularfeldtheorie, Magnone, Bandferromagnetismus.
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • G. Czycholl: Theoretische Festkörperphysik • N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Solid State Physics • L. D. Landau, E. M. Lifschitz: Lehrbuch der Theor. Phys., Bd. 9
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung III		ENERGY-B7-AS3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Ökonophysik		ENERGY-B7-AS3-EP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	90

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

Lehrform
V
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können in der Physik entwickelte quantitative Methoden auf Fragestellungen der Ökonomie und Finanzwirtschaft anwenden. Sie sind mit Basiskonzepten des Risikomanagements vertraut.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> - Grundbegriffe der Ökonomie und Finanzwirtschaft - Statistische Modellbildung, Stochastische Prozesse und Renditeverteilung - Black-Scholes-Theorie - Korrelationen zwischen Aktienkursen - Portfolio Optimierung und Risikomanagement - Spekulative Theorien
Prüfungsleistung
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • Guhr: Econophysics • Mantegna, Stanley: Introduction to Econophysics • Bouchaud, Potters: Theory of Financial Risk
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung III		ENERGY-B7-AS3	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Theoretische Aspekte der Energiespeicherung		ENERGY-B7-AS3-MT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	90

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

<i>Lehrform</i>
V
<i>Lernergebnisse / Kompetenzen</i>
Die Studierenden kennen ausgewählte theoretische Methoden der Ionen Transport Bestimmung.
<i>Inhalte</i>
Der Schwerpunkt des Kurses liegt auf Hochtemperatur Brennstoffzellen und der quantitativen Bestimmung des Ionentransports
<ul style="list-style-type: none"> – Dichtefunktionaltheorie der Eigenschaften des Grundzustand von Feststoffen wie ZrO_2 dotiert mit Y. – Transport von O^{2-} Ionen: Ansatz leicht elastischer Bänder, Theorie des Übergangszustandes, Monte-Carlo-Methode.
<i>Prüfungsleistung</i>
Klausur (Dauer: 45 - 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (Dauer: 15 - 60 Minuten).
<i>Literatur</i>
<ul style="list-style-type: none"> • R. Martin: Electronic Structure (Cambridge University Press, 2008) • G. Mills, H. Jónsson, Phys. Rev. Lett. 72, 1124 (1994) • G. H. Vineyard, J. Phys. Chem. Solids 3, 121 (1957) • K. Binder: Monte Carlo methods in statistical physics (Springer, Berlin, 1984) • R. Krishnamurthy, Y.-G. Yoon, D. J. Srolovitz, R. Car, J. Am. Ceram. Soc. 87, 1821 (2004)
<i>Weitere Informationen zur Veranstaltung</i>

Modulname	Modulcode
<i>Fortgeschrittene Methoden der Naturwissenschaften</i>	ENERGY-B7-SM
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Bachelor plus

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
7 und 8	30 Wochen	P	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Moderne Messmethoden der Physik	WP	5	150	5
II	Computersimulation	WP	5	150	5
III	Projektplanung und Präsentation	P	2	120	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			7	270	9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind vertraut mit den fortschrittlichen, experimentellen und computergestützten wissenschaftlichen Werkzeugen, die sie für ihre Bachelor-Arbeit benötigen.
davon Schlüsselqualifikationen
Die Studierenden können ein Projektvorhaben ausarbeiten und präsentieren.

Prüfungsleistungen im Modul
Die Bachelor-Arbeit ENERGY-B8-BT ist auch die Prüfung für das Modul ENERGY-B7-SM .
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note der Bachelor-Arbeit zählt mit dem Gewicht 21 .

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Methoden der Naturwissenschaften		ENERGY-B7-SM	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Moderne Messmethoden der Physik		ENERGY-B7-SM-MM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	K: 90 / Pr: 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
5	75 h	75 h	150 h	5 Cr

Lehrform
Kolloquium (K: 3 SWS) und Praktikum (Pr: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die gebräuchlichsten experimentellen Methoden zur Charakterisierung physikalischer Phänomene und können sie korrekt anwenden.
Inhalte
Optische, magnetische und elektronische Spektroskopie mit Neutronen, Elektronen, Photonen und Atomen auf verschiedenen Energieskalen, Röntgenstrukturaufklärung, Chemische Analyse, Elektronenmikroskopie, Magnetometrie.
Prüfungsleistung
Aktive und erfolgreiche Teilnahme (unbenotet).
Literatur
Wird im Kurs angegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Methoden der Naturwissenschaften		ENERGY-B7-SM	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Computersimulation		ENERGY-B7-SM-CS	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
7	WS	Englisch	V: 90 / Pr: 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
5	75 h	75 h	150 h	5 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und ein Computer-Praktikum (3 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden verwenden fortschrittliche Methoden zur Simulation klassischer Vielteilchensysteme.
Inhalte
Molekulardynamik-Simulationen: Algorithmen, Einstellung von Temperatur und Druck, Korrelationsfunktionen. Monte-Carlo-Simulationen: Zufallszahlengeneratoren, kinetische MC-Simulation, Importance Sampling, Skalierung endlicher Größen, Parallelisierung.
Prüfungsleistung
Aktive und erfolgreiche Teilnahme (unbenotet).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> • D. P. Landau, K. Binder: A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics • M. P. Allen, D. J. Tildesley: Computer Simulation of Liquids • K. H. Hoffmann, M. Schreiber: Computational Physics • D. Frenkel, B. Smith: Understanding Molecular Simulations • D. C. Rapaport: The Art of Molecular Dynamics • W. H. Press, et al.: Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Methoden der Naturwissenschaften		ENERGY-B7-SM	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Projektplanung und Präsentation		ENERGY-B7-SM-PP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
8	SS	Englisch	90

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	90 h	120 h	4 Cr

Lehrform
Seminar
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage wissenschaftliche Informationen zu beschaffen, zu verstehen, zu beurteilen und zu organisieren und anschließend überzeugend zu präsentieren.
Inhalte
Jeder Studierende hält einen wissenschaftlichen Vortrag über Energie aus den Bereichen Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften. Die Themen und empfohlene Lektüre werden vorher festgelegt. Die Studierenden erarbeiten ihr Thema unabhängig und führen, wenn notwendig, weitergehende Recherchen aus. Zusammen mit dem Betreuer wird das Material für die Präsentation ausgewählt, verarbeitet und vorgetragen.
Prüfungsleistung
Aktive und erfolgreiche Teilnahme und eine Präsentation (unbenotet).
Literatur
Wird individuell zugeteilt.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Modulcode
Bachelor-Arbeit	ENERGY-B8-BT
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Bachelor

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
8	12 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Mindestens 200 Credits im Bachelor Studiengang Energy Science (§ 20 Abs. 2 PO)	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Bachelor-Arbeit	P	-	360	12
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)			-	360	12

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können interdisziplinäre Erkenntnisse und wissenschaftliche Methoden zu Fragestellungen der Energie anwenden. Die Resultate können überzeugend schriftlich dargestellt werden.
davon Schlüsselqualifikationen
Projektmanagement unter Zeitdruck.

Prüfungsleistungen im Modul
Die Bachelor-Arbeit ist auch die Prüfung für das Modul ENERGY-B7-SM .
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note der Bachelor-Arbeit zählt mit dem Gewicht 21 .

Modulhandbuch Energy Science

Modulname		Modulcode	
Bachelor-Arbeit		ENERGY-B8-BT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Bachelor-Arbeit		ENERGY-B8-BT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften gemäß § 20 Abs. 4 PO		Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften	P

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

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			360 h	12 Cr

Lehrform
Die Bachelor-Arbeit ist eine Prüfung, bei der der/dem Studierenden persönlich von ihrem/seinem Betreuer eine Fragestellung zugewiesen wird. Innerhalb von 12 Wochen ist dieses Problem, mit wissenschaftlichen Methoden, selbständig zu lösen und schriftlich darzustellen.
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können interdisziplinäre Erkenntnisse und wissenschaftliche Methoden zu Fragestellungen der Energie anwenden. Sie erzielen eine Beurteilung auf wissenschaftlicher Grundlage und stellen sie in begrenzter Zeit überzeugend in schriftlicher Form dar.
Inhalte
Das Thema der Arbeit wird individuell vergeben.
Prüfungsleistung
Bachelor-Arbeit, vom Betreuer und einem zweiten Prüfer bewertet.
Literatur
Wird individuell zugeteilt.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulhandbuch Energy Science

Legende

Modulcode

Studiengang-AbschlusstypSemester-Modulabkürz.

Veranstaltungscode

Studiengang-AbschlusstypSemester-Modulabkürz.-Veranstaltungsabkürz.

Modulniveau (Ba/Ma)

Ba Bachelor
Ma Master
Bachelor plus¹⁾

Modultyp

Belegungstyp

P Pflicht
WP Wahlpflicht
W Wahl

Angebotshäufigkeit

WS Wintersemester
SS Sommersemester

SWS

Semesterwochenstunden

Aufwand

h Stunden
Cr Credits (ECTS²⁾-Credits (§ 10 PO³⁾)

Lehrform

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

Präsenstudium

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.

[Inhalte in eckigen Klammern sind nicht prüfungsrelevant für Studierende im Bachelor-Plus-Studiengang Energy Science.]

¹⁾ Vierjähriger Bachelor-Studiengang: Niveau des letzten Jahres vergleichbar mit dem Niveau des ersten Jahres eines zweijährigen Master-Studiengang

²⁾ European Credit Transfer and Accumulation System

³⁾ Prüfungsordnung

Studienplan: Module und Veranstaltungen

Modulname	Cr	Semester	Veranstaltungsname	Veranstaltungs-Code	Cr	P / WP	Lehrform	SWS	Prüfung
Allgemeinbildende Grundlagen	6	1	Grundlagen der Energiewissenschaft	ENERGY-B1-E2-ES0	6	x	V	4	Klausur
			Übung			x	Üb	2	
Physik I	9	1	Grundlagen der Physik 1a	ENERGY-B1-PH1-GP	6	x	V	4	Klausur
			Übung			x	Üb	2	
			Energiewissenschaftliches Praktikum 1	ENERGY-B1-PH1-EP	3	x	Pr	3	
Chemie I	6	1	Allgemeine Chemie	ENERGY-B1-CH1-AC	6	x	V	4	Klausur
			Übung			x	Üb	2	
Theorie I	8	1	Newton'sche Mechanik	ENERGY-B1-TH1-ME	4	x	V	2	Klausur
			Übung			x	Üb	2	
			Mathematische Methoden 1	ENERGY-B1-TH1-MA	4	x	V	2	
			Übung			x	Üb	2	
Physik II	9	2	Grundlagen der Physik 1b	ENERGY-B2-PH2- GP	6	x	V	4	Klausur
			Übung			x	Üb	2	
			Energiewissenschaftliches Praktikum 2	ENERGY-B2-PH2-EP	3	x	Pr	3	
Chemie II	7	2	Physikalische Chemie	ENERGY-B2-CH2-PC	4	x	V	2	Klausur
			Übung			x	Üb	1	
			Energiewissenschaftliches Praktikum 3	ENERGY-B2-CH2-EP	3	x	Pr	3	
Theorie II	9	2	Fortgeschrittene Mechanik	ENERGY-B2-TH2-ME	5	x	V	2	Klausur
			Übung			x	Üb	2	
			Computerübung	ENERGY-B2-TH2-CP		x	Pr	1	
			Mathematische Methoden 2	ENERGY-B2-TH2-MA	4	x	V	2	
			Übung			x	Üb	2	
Schlüsselqualifikationen	6	2	Datenverarbeitung	ENERGY-B2-SQ-DV	3	x	Pr	2	Erfolgr. Teiln.
			Sprachkurs Technisches Englisch	ENERGY-B2-SQ-SKn	3	3 Cr	Üb	2	Klausur oder mündliche Prüfung
			Sprachkurs Englisch für Naturwissenschaftler	ENERGY-B2-SQ-SKn	3		Üb	2	
			Sprachkurs Englisch für Physiker	ENERGY-B2-SQ-SKn	3		Üb	2	
			Sprachkurs Englisch für Chemiker	ENERGY-B2-SQ-SKn	3		Üb	2	
Physik III	9	3	Grundlagen der Physik 2a	ENERGY-B3-PH3-GP	6	x	V	4	mündliche Prüfung
			Übung			x	Üb	2	
			Energiewissenschaftliches Praktikum 4	ENERGY-B3-PH3-EP	3	x	Pr	3	
Theorie III	10	3	Elektrodynamik	ENERGY-B3-TH3-ED	6	x	V	2	Klausur oder mündliche Prüfung
			Übung			x	Üb	3	
			Computerübung	ENERGY-B3-TH3-CP		x	Pr	1	
			Mathematische Methoden 3	ENERGY-B3-TH3-MA	4	x	V	2	
			Übung			x	Üb	2	

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Cr	Semester	Veranstaltungsname	Veranstaltungs-Code	Cr	P / WP	Lehrform	SWS	Prüfung
Energietechnik	12	3	Verbrennungslehre	ENERGY-B3-ET-VB	4	12 Cr	V	2	3 Klausuren
			Übung				Üb	1	
			Fluidodynamik	ENERGY-B3-ET-FD	4		V	2	
			Übung				Üb	1	
			Regenerative Energietechnik 1	ENERGY-B3-ET-RE1	4		V	2	
			Übung				Üb	1	
			Thermodynamik 1	ENERGY-B3-ET-TD1	4		V	2	
		Übung	Üb				1		
		Elektrische Energieversorgung	ENERGY-B3-ET-EE	4	V		2		
		Übung			Üb		1		
		4	Brennstoffzellensysteme	ENERGY-B3-ET-BZ	4		V	2	
							Übung	Üb	
			Regenerative Energietechnik 2	ENERGY-B3-ET-RE2	4		V	2	
			Übung				Üb	1	
Thermodynamik 2	ENERGY-B3-ET-TD2		4	V	2				
Übung		Üb		1					
Energiewissenschaft I	6	3	Energiesysteme im Vergleich 1	ENERGY-B3-ES1-EV	3	x	K/Ex	4	Vortrag
		4	Energiesysteme im Vergleich 2	ENERGY-B3-ES1-EC	3	x	Se	2	
Physik IV	9	4	Grundlagen der Physik 2b	ENERGY-B4-PH4-GP	6	x	V	4	mündliche Prüfung
			Übung			x	Üb	2	
			Energiewissenschaftliches Praktikum 5	ENERGY-B4-PH4-EP	3	x	Pr	3	
Theorie IV	14	4	Quantenmechanik	ENERGY-B4-TH4-QM	6	x	V	2	Klausur oder mündliche Prüfung
			Übung			x	Üb	2	
			Computerübung	ENERGY-B4-TH4-CP	4	x	Pr	1	
			Mathematische Methoden 4	ENERGY-B4-TH4-MA	4	x	V	2	
			Übung			x	Üb	2	
			Statistische Physik 1	ENERGY-B4-TH4-SP	4	x	V	2	
			Übung			x	Üb	2	

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Cr	Semester	Veranstaltungsname	Veranstaltungs-Code	Cr	P / WP	Lehrform	SWS	Prüfung
Energiewissenschaft II	12	5	Kernphysik	ENERGY-B5-ES2-NP	5	x	V	3	Prüfungsregeln der Auslands-Universität
			Übung			x	Üb	1	
			Nukleare Messtechnik	ENERGY-B5-ES2-NM	3	x	V	1	
			Übung			x	Üb	1	
			Plasmaphysik	ENERGY-B5-ES2-PP	4	x	V	3	
Übung	x	Üb	1						
Vertiefung I	12	5	Festkörperphysik 1	ENERGY-B5-AS1-SSP	4	x	V	2	Prüfungsregeln der Auslands-Universität
			Übung			x	Üb	2	
			Rechnergestützte Physik	ENERGY-B5-AS1-CP	3	8 Cr	V	2	
			Übung				Pr	1	
			Atom- und Molekularphysik	ENERGY-B5-AS1-AM	3		V	2	
			Übung				Üb	1	
			Dynamische Systeme	ENERGY-B5-AS1-DS	2		V	2	
			Transportphänomene	ENERGY-B5-AS1-TP	2		V	2	
			Physikalische Optik	ENERGY-B5-AS1-PO	5		V	4	
			Lasertechnologie	ENERGY-B5-AS1-LT	2		V	2	
			Laserphysik	ENERGY-B5-AS1-LP	3		V	2	
Spektroskopie und Struktur der Materie	ENERGY-B5-AS1-SSM	3	V	2					
Studium Liberale - E3	8	5	Wahl-Veranstaltungen nicht aus den Bereichen Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften	ENERGY-B5-SL-XX			8 Cr		
		6							
Energiewissenschaft III	12	6	Fusionsanlagen	Energy-B6-ES3-FD	2	x	V	1	Prüfungsregeln der Auslands-Universität
			Übung			x	Üb	1	
			Thermohydraulik	Energy-B6-ES3-TH	4	x	V	3	
			Übung			x	Üb	1	
			Reaktorphysik	Energy-B6-ES3-RP	4	x	V	3	
			Übung			x	Üb	1	
			Reaktortechnologie	Energy-B6-ES3-RT	2	x	V	1	
Übung	x	Üb	1						
Vertiefung II	6	6	Seminar	Energy-B6-AS2-SE	3	x	Se	2	Prüfungsregeln der Auslands-Universität
			Kritische Phänomene	Energy-B6-AS2-SC	3	3 Cr	V	2	
			Neue Experimente in der Nanophysik	Energy-B6-AS2-NP	3		V	2	
			Kristalline und amorphe Materialien	Energy-B6-AS2-CA	3		V	2	
			Optische Spektroskopie	Energy-B6-AS2-OS	3		V	2	
			Wavelets, kohärente Zustände und Multiskalenanalyse	Energy-B6-AS2-WC	3		V	2	
			Festkörperphysik 2	Energy-B6-AS2-BS	3		V	2	
Umwelt Aspekte	10	6	Strahlenschutz	ENERGY-B6-EA-RP	2		x	V	2
			Reaktorsicherheit	ENERGY-B6-EA-NS	2	x	V	2	
			Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle	ENERGY-B6-EA-RW	2	x	V	2	
			Fortgeschrittenen-Praktikum 1	ENERGY-B6-EA-EP	4	x	Pr	4	

Modulhandbuch Energy Science

Modulname	Cr	Semester	Veranstaltungsname	Veranstaltungs-Code	Cr	P / WP	Lehrform	SWS	Prüfung
Energiewissenschaft IV	12	7	Energierrelevante Materialien: Umwandlung von Solarenergie	ENERGY-B7-ES4-CS	3	6 Cr	V	2	Klausur oder mündliche Prüfung
			Energierrelevante Materialien: Thermoelektrik	ENERGY-B7-ES4-TE	3		V	2	
			Energierrelevante Materialien: ...	ENERGY-B7-ES4-EM	3		V	2	
			Fortgeschrittenen-Praktikum 2	ENERGY-B7-ES4-EP	6	x	Pr	6	
Vertiefung III	9	7	Fachkurse in Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften	ENERGY-B7-AS3-XX	3	9 Cr	V	2	Klausur oder mündliche Prüfung
			Verkehrsphysik	ENERGY-B7-AS3-PT	3		V	2	
			Supraleitung und Magnetismus	ENERGY-B7-AS3-SM	3		V	2	
			Ökonophysik	ENERGY-B7-AS3-EP	3		V	2	
			Theoretische Aspekte d. Energiespeicherung	ENERGY-B7-AS3-MT	3		V	2	
Theorie V	6	7	Statistische Physik 2	ENERGY-B7-AS3-IP	6	x	V	4	mündliche Prüfung
			Übung			x	Üb	2	
Energiewissenschaft V	12	8	Einführung in die Energiewirtschaft	ENERGY-B8-ES5-EW	6	x	V	2	Klausur oder mündliche Prüfung
			Übung			x	Üb	2	
			Industriepraktikum	ENERGY-B8-ES5-IP	6	x	Pr		
Fortgeschrittene Methoden der Naturwissenschaften	9	7	Moderne Messmethoden der Physik	ENERGY-B7-SM-MM	5	5 Cr	K	3	Bachelor-Arbeit ist auch Prüfung für dies Modul
			Praktikum				Pr	2	
			Computersimulation	ENERGY-B7-SM-CS	5		V	2	
		Computer-Praktikum	Pr				3		
		8	Projektplanung und Präsentation	ENERGY-B7-SM-PP	4	x	Se	2	
Bachelor-Arbeit	12	8	Bachelor-Arbeit	ENERGY-B8-BT	12				
Summe Credits	240								

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