

EBERHARD KARLS  
UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



**Modulhandbuch**  
**Nano-Science**  
**Master of Science (M. Sc.)**

Wintersemester 2018/2019

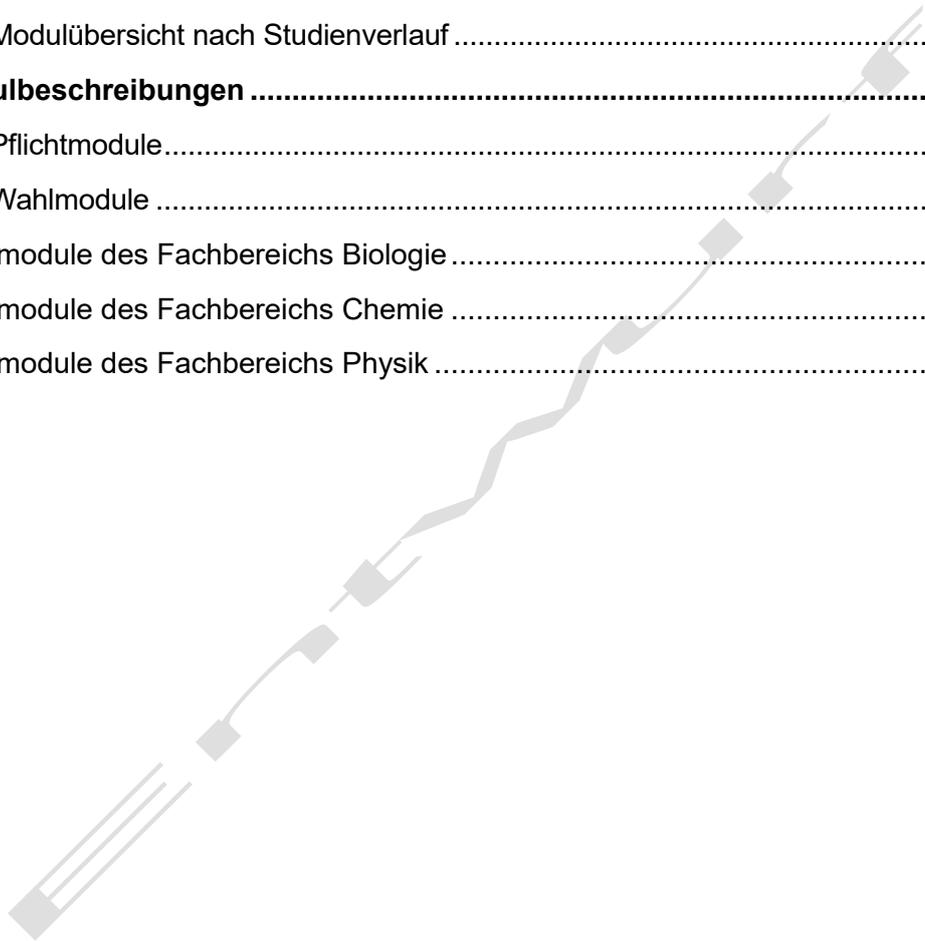
Stand: 1. Februar 2018

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät  
Fachbereich Physik



## Inhalt

<b>1. Eingangsqualifikationen des Studiengangs</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Qualifikationsziele des Studiengangs</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Modulübersichten</b> .....	<b>5</b>
3.1 Modulübersicht nach Modulen .....	5
3.2 Modulübersicht nach Studienverlauf .....	6
<b>4. Modulbeschreibungen</b> .....	<b>7</b>
4.1. Pflichtmodule.....	7
4.2. Wahlmodule .....	15
Wahlmodule des Fachbereichs Biologie .....	15
Wahlmodule des Fachbereichs Chemie .....	17
Wahlmodule des Fachbereichs Physik .....	26



## 1. Eingangsqualifikationen des Studiengangs

Zum Masterstudium Nano-Science kann zugelassen werden, wer die Bachelor-Prüfung im Fach Nano-Science oder in einem verwandten Fach mit nanowissenschaftlichem Bezug oder in den Fächern Physik, Chemie oder Biologie mit mindestens der Note „3,0“ bestanden hat oder über einen gleichwertigen Studienabschluss verfügt. Bewerber aus den Fächern mit nanowissenschaftlichem Bezug und den Fächern Biologie, Chemie, Physik müssen darüber hinaus Studienbefähigende Mindestkenntnisse und Mindestleistungen in nanowissenschaftlichen Kerndisziplinen (Quantenmechanik, Physik der weichen Materie, Physikalische Chemie, Biophysik, Spezielle Mikroskopie, Nanotechnologie, Nanostrukturwissenschaften) im Umfang von insgesamt mindestens 18 ECTS-Punkten nachweisen.

Da es sich hier um einen internationalen Studiengang handelt, der komplett in englischer Sprache studiert werden kann, müssen alle Bewerber den Nachweis von Kenntnissen der englischen Sprache auf dem Niveau von mindestens B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen (GER) erbringen. Weiterhin empfehlen wir allen Bewerbern, Deutschkenntnisse auf dem B2-Niveau (DSH), um zusätzliche Lehrangebote in deutscher Sprache wahrnehmen zu können.

Weitere Angaben zu den Eingangsqualifikationen sind in der Auswahlsetzung für den Masterstudiengang Nano-Science festgelegt, die von der Homepage des Studiengangs heruntergeladen werden kann.

## 2. Qualifikationsziele des Studiengangs

Die Qualifikationsziele des Masterstudiengangs Nano-Science leiten sich aus den einzelnen Nano-Science-relevanten Kompetenzen ab, die die Absolventinnen und Absolventen im Rahmen der von ihnen gewählten Module der Fachbereiche Biologie, Chemie und Physik und ihren Teildisziplinen erworben haben.

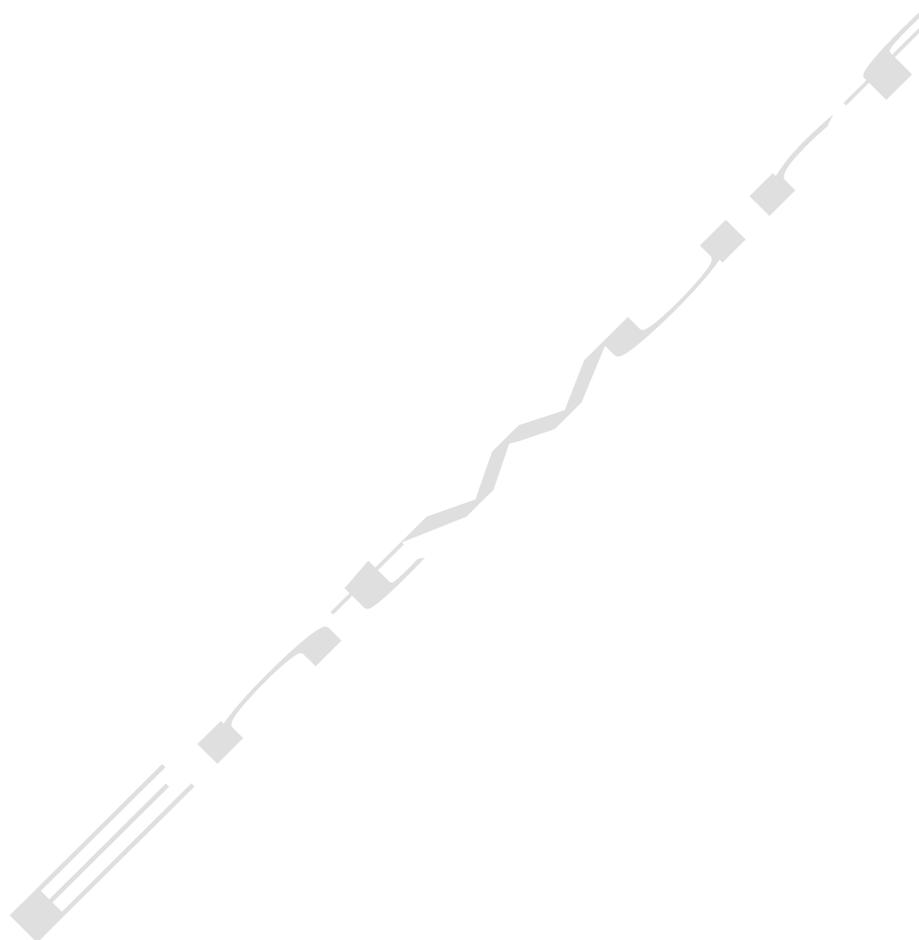
Obwohl der Studiengang eine Schwerpunktsetzung in einem der am Studiengang beteiligten Disziplinen (Biologie, Chemie, Physik) erlaubt, wird durch sein Design und die Auswahl seiner Inhalte eine außerordentlich interdisziplinäre Ausbildung der Absolventinnen und Absolventen gewährleistet sein. Des Weiteren werden die Absolventinnen und Absolventen die unterschiedlichen wissenschaftlichen Kulturen der beteiligten Disziplinen und deren wissenschaftliche Herangehensweise internalisiert haben, was eine interdisziplinäre Kommunikation und erfolgreiche Arbeit an Nano-Science-relevanten Schnittstellen erst möglich macht.

Die Absolventinnen und Absolventen werden in einzigartiger Weise in der Lage sein, Nano-Science-relevante Informationen und Sachverhalte aus den Disziplinen Biologie, Chemie und Physik nicht nur zu erklären, sondern auch zu bewerten und einzuordnen. Außerdem werden die Studierenden ihre erworbenen Kompetenzen systematisch auf neue Nano-Science-bezogene Problemstellungen und Sachverhalte übertragen und verknüpfen können. Besonders hervorzuheben ist bei dem vorliegenden Studiengang, dass seine Absolventinnen und Absolventen nanowissenschaftliche und nanotechnologische Probleme synthetisch, interdisziplinär und mit hohem synergistischen Potential analysieren und Lösungsansätze erarbeiten können, wozu die Einzeldisziplinen Biologie, Chemie und Physik nicht in der Lage sind.

Des Weiteren werden die Absolventinnen und Absolventen durch das verpflichtende Modul „Independent Studies“ in der Lage sein, sich in neue Arbeitsumgebungen sehr schnell einzufügen, Nano-Science-relevante Problemstellungen zügig zu analysieren und zu ihrer Lösung interdisziplinär beizutragen.

Die Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs sind deshalb einerseits sehr gut für die universitäre und außeruniversitäre, grundlagenwissenschaftliche Forschung im Bereich

Nanowissenschaften mit hohen interdisziplinär-naturwissenschaftlichen Anforderungen vorbereitet. Andererseits werden die Absolventinnen und Absolventen in der Lage sein, an der Schnittstelle der angewandten, molekular und zellbiologisch ausgerichteten Lebenswissenschaften (Nano-Biologie, Nano-Medizintechnik, personalisierte Medizin, Nano-Physik und Nano-Chemie) in Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowohl analytisch als auch anwendungsorientiert erfolgreich zu arbeiten.



### 3. Modulübersichten

#### 3.1 Modulübersicht nach Modulen

(entsprechend der Modulübersicht der Studien- und Prüfungsordnung)

Modulnummer	Pflicht / Wahlpflicht	Modultitel	Empfohlenes Fachsemester	LP
M1	P	Basic Module Biology	1	9
M2	P	Basic Module Chemistry	1	9
M3	P	Basic Module Physics	2	9
M4	W	Focus Module 1	1-2	9
M5	W	Focus Module 2	1-2	9
M6	W	Focus Module 3	1-2	9
M7	P	Nano-Science IV	1-2	6
M8	W	Independent Studies	3	27
M9	P	Master Seminar	3-4	6
M10	P	Master Thesis	4	27

### 3.2 Modulübersicht nach Studienverlauf

Fachsemester	LP				
1.	30	Basic Module Biology (M1)	Basic Module Chemistry (M2)	Focus Module 1 (M4)	Nano-Science IV (M7)
2.	30	Basic Module Physics (M3)	Focus Module 2 (M5)	Focus Module 3 (M6)	
3.	30	Independent Studies (M8)			Master Seminar (M9)
4.	30	Master Thesis (M10)			

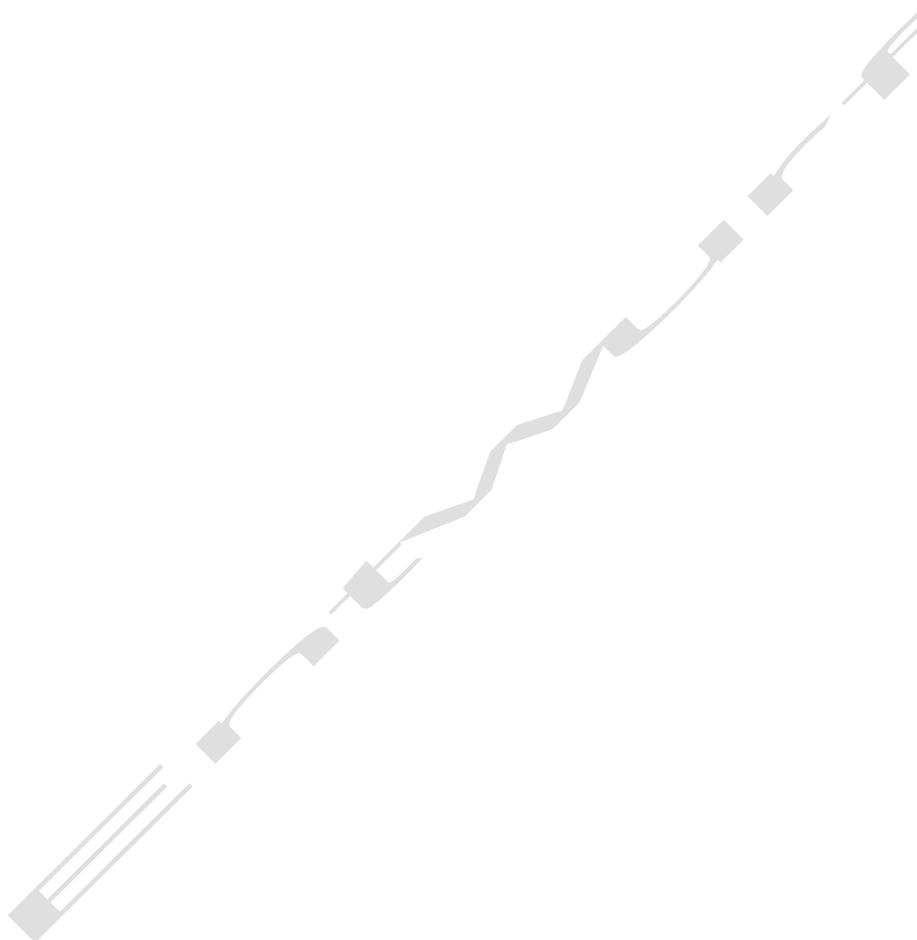
## 4. Modulbeschreibungen

### 4.1. Pflichtmodule

<b>Modulnummer:</b> M1	<b>Modultitel:</b> Basic Module Biology		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr (zum Wintersemester)		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung, Übungen und Seminar		
<b>Modulinhalt*</b>	<u>Current Topics in Principles of Bioanalytical Methods (Vorlesung 2 SWS + Übungen 2 SWS + Seminar 2 SWS):</u> Vorlesung zu den Grundlagen moderner molekularbiologischer, biochemischer und analytischer Methoden mit Vertiefung in Seminar und Übungen.		
<b>Qualifikationsziele*</b>	Die Studierenden - besitzen erweiterte Kenntnisse der molekularen Analyse in der modernen Biologie - können Vor- und Nachteile der verschiedenen, in der modernen Biochemie und Molekularbiologie, eingesetzten Methoden einschätzen, einordnen und bewerten - können konzeptionell molekulare Analyseverfahren zur Bearbeitung nanowissenschaftlicher und nanotechnologischer Probleme in den Life Sciences neu zusammenstellen und verknüpfen		
<b>Studienleistung</b>	Regelmäßige Teilnahme an den Übungen und Seminaren		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Abschlussklausur		
<b>Modulverantwortliche</b>	Dr. Üner Kolukisaoglu und Dr. Mark Stahl		
<b>Dozenten</b>	Dr. Üner Kolukisaoglu, Dr. Mark Stahl und weitere Dozenten der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät		
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul bildet die Basis für die Teilnahme an verschiedenen Focus Modules im Fachbereich Biologie. Außerdem kann es in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Biologie angerechnet werden.		
<b>Teilnahmevoraussetzungen*</b>	keine		

<b>Modulnummer:</b> M2	<b>Modultitel:</b> Basic Module Chemistry		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr (zum Wintersemester)		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung		
<b>Modulinhalt*</b>	<p><u>Sol-Gel Prozesse (ACMn12; Vorlesung 1 SWS):</u> Grundlagen des Sol-Gel-Prozesses: Sol, Aerosol, Gel, Hydrolyse und Kondensation, Gelbildung, Trocknung, Alterung, Synthesestrategien: Kontrolle der Parameter: pH, Temperatur, Wasserwert, Wachstumsmodelle, Templatsynthesen, non-, meso- und makroporöse Materialien, Optionen des Sol-Gel-Prozesses: Aerogele, poröse Materialien, Xerogele, Dichte Gläser und Keramiken, keramische Filme und Silsesquioxane.</p> <p><u>Neue Kohlenstoffmaterialien (OCM6; Vorlesung 1 SWS):</u> Fullerene, Kohlenstoffnanoröhren, Graphen: Erzeugung, Eigenschaften (physikalisch, spektroskopisch, chemisch), Funktionalisierung (kovalent und nicht-kovalent); kleine pi-konjugierte Moleküle (Acene, Coronene, Perylendiimide, Phthalocyanine) und Oligomere für OTFT, OLED und Solarzellen: Struktur-Eigenschaftsbeziehung, Synthesemethoden, Charakterisierung.</p> <p><u>Phänomenologische Materialwissenschaften (MWM1; Vorlesung 2 SWS):</u> Elektronen: Übersicht Elektronische Struktur, Bandstrukturen und Bänderchema, Zustandsdichten und Ladungsträgerdichten; Phononen: Dispersion und Spektren, Thermische Eigenschaften, Wärmekapazität, Wärmeausdehnung, Wärmeleitung; Mechanische Eigenschaften: Spannung und Dehnung, Hookesches Gesetz, elastische und plastische Deformation, Härte und Härtung; elektrische Leitfähigkeit: Metalle und Halbleiter, Ionenleiter, gemischte Leitfähigkeit, Temperaturabhängigkeit, Wechselstromleitfähigkeit, Frequenzabhängigkeit; Dielektrische und optische Eigenschaften: Polarisation, Dispersionsphänomene.</p> <p><u>Nanochemie (Vorlesung 2 SWS):</u> Historische Nanotechnologie, Top-Down- und Bottom-Up-Verfahren, Synthese und Charakterisierung von Gold und Silbernanopartikeln, Metallcluster in der Gasphase, Jellium-Modell, Magische Zahlen, Wade-Regeln, Metalloide Cluster, Quantum Dots, Halbleiter-Nanopartikel (HNP), Größenquantisierungseffekt, Chemische und mechanistische Aspekte der Kolloidsynthese, Chemie und Bindungsverhalten wichtiger Liganden, Chemische Kontrolle der Größe, Form und Phase von HNPs, Optoelektronische Anwendungen von HNPs, Synthese und Charakterisierung von nanoporösen Materialien, Templat-gestützte Synthesen, metallorganische und kovalente Gerüststrukturen (MOFs und COFs), Zeolithe, zeolith-ähnliche Materialien (Alumophosphate, Gallophosphate), periodisch mesoporöses Silica, mesoporöse Oxide, Metallalkoxide, Hybrid-Materialien, Flaschenschiffsynthesen, Anwendung von nanoporösen Materialien.</p>		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzen erweiterte Kenntnisse in den Bereichen Koordinationschemie, Metallorganische Chemie, Biochemie sowie Festkörperchemie</li> <li>- können fortgeschrittene Techniken zur Synthese nanoskaliger Feststoffe beurteilen und einordnen</li> <li>- können Synthesestrategien, Struktur/Eigenschaftsbeziehungen und Anwendungen von nanoskaligen Materialien anwenden, um die Herstellung und Anwendung solcher Materialien theoretisch und praktisch zu entwickeln und zu überprüfen</li> </ul>		

<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Mündliche Prüfung zum Abschluss des Gesamtmoduls (Details werden zu Beginn der einzelnen Vorlesung bekannt gegeben).
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Andreas Schnepf
<b>Dozenten</b>	Prof. Dr. Reiner Anwander, Prof. Dr. Hermann Mayer, Prof. Dr. Holger Bettinger, Prof. Dr. Thomas Chassé und weitere Dozenten des Fachbereichs Chemie
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul bildet die Basis für die Teilnahme an verschiedenen Focus Modules im Fachbereich Chemie. Außerdem kann es in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Chemie angerechnet werden.
<b>Teilnahmevoraussetzungen*</b>	keine



<b>Modulnummer:</b> M3	<b>Modultitel:</b> Basic Module Physics		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand* - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr (zum Sommersemester)		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung und Übungen		
<b>Modulinhalt*</b>	<u>Soft Matter Physics (Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS):</u> Experimentelle Befunde und theoretische Konzepte für Systeme mit Bausteinen von Nano- bis Mikrometergröße. Systeme: Polymere, Lipide, Kolloide, Flüssigkristalle. Effektive Wechselwirkungen: Elektrostatik in Lösungen, entropische Kräfte, chemische Bindung vs. physikalische Assoziation. Gleichgewichts- und Nichtgleichgewichts-Thermodynamik und –Statistik.		
<b>Qualifikationsziele*</b>	Die Studierenden - sind in der Lage experimentelle Befunde und theoretische Konzepte der Physik der weichen Materie darzustellen, einzuordnen und anzuwenden		
<b>Studienleistungen</b>	Regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Martin Oettel		
<b>Dozenten</b>	Prof. Dr. Martin Oettel, PD Dr. Hans-Joachim Schöpe, Prof. Dr. Erik Schäffer		
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul bildet die Basis für die Teilnahme an verschiedenen Focus Modules im Fachbereich Physik.		
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	keine		

<b>Modulnummer:</b> M7	<b>Modultitel:</b> Nano-Science IV		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	6 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand* - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 90 h
<b>Moduldauer*</b>	2 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr (zum Wintersemester)		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung und/oder Seminar		
<b>Modulinhalt*</b>	<p><u>Cellular Nanomachines (Vorlesung 2 SWS):</u> In dieser Vorlesung werden molekulare Maschinen, welche in biologischen Zellen Arbeit verrichten, vorgestellt und deren biophysikalische Mechanismen erläutert. Unter anderem werden molekulare Motoren, welche mit dem Cytoskelett und DNA wechselwirken vertieft vorgestellt.</p> <p><u>Advanced Topics in Nanoscience (Seminar 2 SWS)</u> Vertiefende Themen zur Analyse und Applikation nanostrukturierter Materialien sollen selbst erarbeitet und vorgestellt werden.</p> <p><u>Advanced Topics in Nanochemistry (Seminar 2 SWS)</u> Weiterführende aktuelle Themen auf dem Gebiet Synthese und Anwendung nanostrukturierter Materialien sollen selbst erarbeitet und vorgestellt werden.</p>		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzen erweiterte Kenntnisse über Biopolymere, molekulare Maschinen und deren Funktionsprinzipien</li> <li>- können die Grenzen der Leistungsfähigkeit und Effizienz molekularer Prozesse und Maschinen erkennen und einordnen</li> <li>- besitzen ein Verständnis für molekulare Maschinen, welches es ihnen ermöglicht, die physikalischen Konzepte ihrer Funktionsweisen auf nanotechnologische oder biotechnologische Anwendungen zu übertragen</li> <li>- können forschungsnaher Themen darstellen, diskutieren und analysieren</li> <li>- besitzen ein Verständnis für fortgeschrittene chemische Aspekte im Bereich der Nano-Science und können diese selbstständig erarbeiten, präsentieren und einordnen</li> </ul>		
<b>Studienleistungen</b>	Seminarpräsentation		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Erik Schäffer, Prof. Dr. Andreas Schnepf und Prof. Dr. Martin Oettel		
<b>Dozenten</b>	Prof. Dr. Erik Schäffer, Prof. Dr. Andreas Schnepf und Prof. Dr. Martin Oettel und weitere Dozenten der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät		
<b>Verwendbarkeit</b>	Dieses Modul ist begleitend zu den Modulen M1, M2 und M3 in diesem Masterstudiengang konzipiert. Außerdem kann es in verschiedenen Masterstudiengängen der Fachbereiche Biologie, Chemie und Physik angerechnet werden.		
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine		

<b>Modulnummer:</b> M8	<b>Modultitel:</b> Independent Studies		<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	27 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 810 h	Kontaktzeit:	Selbststudium:
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	optional Vorlesungen, Seminare, Übungen, Praktika		
<b>Modulinhalt*</b>	Im Rahmen dieses Moduls sollen die Studierenden, nach Rücksprache mit dem Betreuer des Moduls, ihre spezifischen Interessensgebiete innerhalb des Fachs Nano-Science intensiv studieren und bearbeiten. Diese Interessensgebiete sollen im Dialog mit den betreuenden Dozenten erarbeitet und definiert werden, wobei in Studienplänen und Zielvereinbarungen die Lern- und Qualifikationsziele festgelegt werden. Diese Studien können nach Abstimmung mit den betreuenden Dozenten sowohl an der Universität Tübingen als auch an weiteren in- und ausländischen Hochschulen und Forschungsinstitutionen und im Rahmen innerbetrieblicher Praktika erfolgen.		
<b>Qualifikationsziele*</b>	Die Studierenden - haben erweiterte Erfahrungen auf Sektoren außerhalb des Studiengangs Nano-Science, u. a. in Forschungsinstitutionen, Industrie, Ausland - haben ihre interdisziplinären und interkulturellen Interessen und Fähigkeiten miteinander verknüpft - haben ihre Studien- und Forschungsinteressen auf ein Teilgebiet der Nano-Science entwickelt und fokussiert		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Seminarpräsentation und/oder schriftliche Abschlussarbeit (beides unbenotet). Weitere Details werden zu Beginn des Moduls mit dem betreuenden Koordinator des Moduls abgestimmt.		
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Erik Schäffer, Prof. Dr. Andreas Schnepf, Prof. Dr. Martin Oettel , PD Dr. Hans-Joachim Schöpe und Dr. Claudio Schrenk		
<b>Dozenten</b>	Dozenten der Fachbereiche Biologie, Chemie und Physik		
<b>Verwendbarkeit</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Masterstudiengängen der Fachbereiche Biologie, Chemie und Physik angerechnet werden.		
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen M1-M5		

<b>Modulnummer:</b> M9	<b>Modultitel:</b> Master Seminar		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	6 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 90 h
<b>Moduldauer*</b>	2 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Semester		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung, Seminar, Übung		
<b>Modulinhalt*</b>	<p><u>Data Analysis with Statistics (Vorlesung 1 SWS + Übungen 1 SWS):</u> Vorlesung über die Grundlagen der deskriptiven Statistik und Inferenzstatistik, sowie Kurven-Fitten und Regressionsanalyse mit Vertiefung in der Übung.</p> <p><u>Seminar (2 SWS):</u> Im Rahmen dieses Seminars präsentieren die Studierenden ihre Erfahrungen und Ergebnisse aus den Modulen M8 und M10.</p>		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- können gängige statistische Verfahren anwenden</li> <li>- haben die Fähigkeit zum interdisziplinären Austausch von Sachverhalten, Argumenten und Sichtweisen über Fachgrenzen hinweg</li> <li>- können Entscheidungen auf Basis statistischer Daten treffen und die Güte dieser Entscheidungen beurteilen</li> <li>- können spezifische Präsentationstechniken anwenden und Verknüpfungen zwischen verschiedenen Disziplinen darstellen und erläutern</li> </ul>		
<b>Studienleistung</b>	Regelmäßige Teilnahme an den Seminarveranstaltungen, Seminarpräsentation		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Abschlussklausur		
<b>Modulverantwortliche</b>	Dr. Anita Jannasch, PD Dr. Hans Joachim Schöpe, Dr. Claudio Schrenk		
<b>Dozenten</b>	Dr. Anita Jannasch, PD Dr. Hans Joachim Schöpe, Dr. Claudio Schrenk		
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul ist begleitend zu den Modulen M8 und M10 in diesem Masterstudengang konzipiert.		
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	keine		

<b>Modulnummer:</b> M10	<b>Modultitel:</b> Master Thesis		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	27 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand* - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 810 h	Kontaktzeit: 600 h	Selbststudium: 210 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Masterarbeit		
<b>Modulinhalt*</b>	Nach Rücksprache mit dem wissenschaftlichen Betreuer der Arbeit		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- können eigenständig eine Forschungsfrage entwickeln</li> <li>- sind in der Lage wissenschaftliche und technische Fragestellungen in konkrete Forschungsvorhaben umsetzen</li> <li>- sind in der Lage Methoden aus verschiedenen Disziplinen anzuwenden und miteinander zu verknüpfen</li> <li>- können die Ergebnisse ihres Forschungsprojektes sowohl einem Fachpublikum als auch interdisziplinär präsentieren</li> </ul>		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Schriftliche Abschlussarbeit (Master Thesis)		
<b>Modulverantwortliche</b>	Dozenten der Fachbereiche Biologie, Chemie und Physik		
<b>Dozenten</b>	Dozenten der Fachbereiche Biologie, Chemie und Physik		
<b>Verwendbarkeit*</b>			
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen M1-M8		

## 4.2. Wahlmodule

Die Focus Modules M4, M5 und M6 müssen aus den folgenden Wahlmodulen der Fachbereiche Biologie, Chemie und Physik gewählt werden. Diese drei Module müssen dabei aus dem Angebot von mindestens zwei Fachbereichen gewählt werden.

### Wahlmodule des Fachbereichs Biologie

<b>Modulnummer:</b> BWMA/B	<b>Modultitel:</b> Focus Module Biology A/B	<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS	
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Gesamt: 270 h	
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester	
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Semester	
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch/Englisch	
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung, Seminare, Übungen, Praktika	
<b>Modulinhalt*</b>	Das Modul besteht aus Lehrveranstaltungen aus dem Angebot der Masterstudiengänge Mikrobiologie, Molekulare Zellbiologie & Immunologie, Neurobiologie und Zelluläre & Molekulare Biologie der Pflanzen mit Bezügen zur Nanowissenschaft und zur Nanotechnologie. Ebenfalls zählen dazu Lehrveranstaltungen die vom Fachbereich Biologie spezifisch für den Masterstudiengang Nano-Science angeboten werden. Aus den Veranstaltungen müssen insgesamt so viele erfolgreich absolviert werden, die zusammengerechnet mindestens 6 SWS ergeben.	
<b>Qualifikationsziele*</b>	Die Studierenden - sind in der Lage spezifische Sachverhalte aus den Bereichen Mikrobiologie, Molekulare Zellbiologie & Immunologie und Zelluläre & Molekulare Biologie der Pflanzen, abhängig von den gewählten Veranstaltungen, einzuordnen, zu analysieren und auf nanowissenschaftliche Fragestellungen zu übertragen	
<b>Studienleistung</b>	Je nach Veranstaltung: Teilnahme, Referat, wissenschaftlicher Text, Essay, Anfertigen eines Protokolls	
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Je nach Veranstaltung: Klausur, Referat oder mündliche Prüfung	
<b>Modulverantwortliche</b>	Dr. Üner Kolukisaoglu	
<b>Dozenten</b>	Dozenten des Fachbereichs Biologie	
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Biologie angerechnet werden.	
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	Je nach Veranstaltung: Vertiefte Kenntnisse der Biologie	

<b>Modulnummer:</b> BWMC	<b>Modultitel:</b> Focus Module Biology C		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand* - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 180 h	Selbststudium: 90 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Praktikum		
<b>Modulinhalt*</b>	Praktische Projektarbeit in einem Labor des Fachbereichs Biologie		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- können molekulare Labortechniken einsetzen und anwenden</li> <li>- sind in der Lage sich eigenständig an Projektarbeiten durchzuführen und die erzielten Ergebnisse zu analysieren und zu beurteilen</li> <li>- können qualifizierte Techniken zur Präsentation von Forschungsergebnissen anwenden</li> </ul>		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Seminarpräsentation (unbewertet) und schriftliche Abschlussarbeit. Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.		
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Erik Schäffer		
<b>Dozenten</b>	Dozenten des Fachbereichs Biologie		
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Biologie angerechnet werden.		
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	keine		

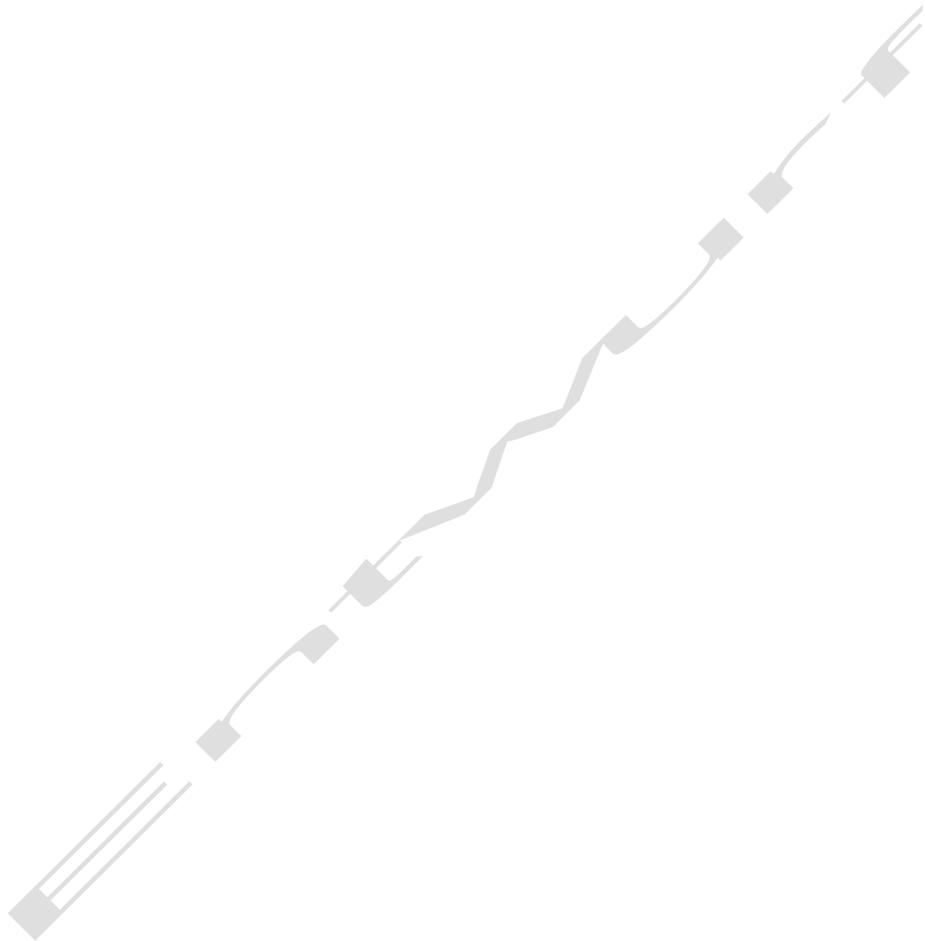
**Wahlmodule des Fachbereichs Chemie**

<b>Modulnummer:</b> CWMA	<b>Modultitel:</b> Focus Module Chemistry A		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand* - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Studienjahr		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung		
<b>Modulinhalt*</b>	<p>Aus den folgenden Veranstaltungen müssen insgesamt so viele erfolgreich absolviert werden, die zusammengerechnet mindestens 6 SWS ergeben.</p> <p><u>Fortgeschrittene metallorg. Chemie 1 (ACMn1; Vorlesung 1 SWS):</u> Reaktionsmechanismen von Koordinationsverbindungen, Carben-Komplexe, ausgewählte Beispiele homogener Katalyse, schwach koordinierende Anionen.</p> <p><u>Fortgeschrittene metallorg. Chemie 2 (ACMn2; Vorlesung 1 SWS):</u> Struktur, Eigenschaften und Reaktivität ausgewählter metallorganischer Reagenzien, insbesondere <math>\sigma</math>-gebundener Alkyl- und Arylverbindungen der Gruppen 1 bis 4 sowie 11 und 12. Möglichkeiten zur Steuerung und Beeinflussung der Reaktivität und Selektivität bei ihrem Einsatz in der Synthese.</p> <p><u>Metallorg. Chemie der Lanthanide (ACMn3; Vorlesung 1 SWS):</u> Geschichte der Seltenerdelemente, Gewinnung / Trennung der Lanthanoide, Lanthanoidenkontraktion, Synthese anorganischer Verbindungen (Hydride, Boride, Carbide, Nitride, Oxide, Halogenide, Nitrate), Synthese metallorganischer Verbindungen (Alkoxide, Amide, Alkyle, Cyclopentadienyle), neuartige Synthesestrategien, Liganden, nanostrukturierte Materialien.</p> <p><u>Fortgeschrittene Festkörperchemie (ACMn4; Vorlesung 1 SWS):</u> Synthesen und Kristallstrukturen, anorganischer Feststoffe der Selten-Erd- und Übergangsmetalle, wie Hydride, Boride, Carbide, Nitride, Oxide, Granate, Oxocuprate, Chalkogenide, Halogenide, metallreiche Systeme und Cluster, Vergleich von Verbindungen der d- und f-Metalle, Magnetismus, elektronische Struktur, f-d-Konfigurationsübergang, Bindungsverhältnisse, Spektroskopie, Lumineszenz, Struktur-Eigenschaftsbeziehungen und Anwendungen.</p> <p><u>Elementorg. Chemie 1 (ACMn6; Vorlesung 1 SWS):</u> Elementorganische Chemie der Hauptgruppenelemente, Synthese, Struktur, Eigenschaften sowie MO theoretische Beschreibung von Hauptgruppen-organyle, 4z2e Bindung, Strukturchemie der Li-Organyle, Alkali-Metal-Mediated-Metalation, Herstellung und Strukturchemie von Al-Organyle, Super-säuren, Hammettsche Aciditätsfunktion, schwach koordinierende Anionen, Polykationen der Chalkogene.</p> <p><u>Elementorg. Chemie 2 (ACMn7; Vorlesung 1 SWS):</u> Elementorganische Chemie der Hauptgruppenelemente in niedrigen Oxidationsstufen, subvalente Halogenide der Hauptgruppenelemente, Kokondensationstechnik, Element-Element-Mehrfachbindungen, CGMT Modell, Zintl-Anionen, Pseudoelementkonzept, Clusterverbindungen.</p> <p><u>Methoden der anorg. Forschung 1 (ACMn21; Vorlesung 1 SWS):</u> Fortgeschrittene NMR Spektroskopie, Multinukleare Experimente, temperaturabhängige Studien, Entkopplungstechniken.</p> <p><u>Methoden der anorg. Forschung 2 (ACMn22; Vorlesung 1 SWS):</u></p>		

	<p>Elektronische Absorptions- und Emissionsspektroskopie, IR- und Raman-Spektroskopie, Mößbauer-Spektroskopie, synthetische und spektroskopische Aspekte der Isotopenmarkierung</p> <p>Nach vorheriger Rücksprache mit dem Modulverantwortlichen kann ersatzweise eine Veranstaltung aus den Focus Modules Chemistry B/C/D gewählt werden.</p>
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzen, abhängig von den gewählten Veranstaltungen, fortgeschrittene Kenntnisse aus den Bereichen Koordinationschemie, Metallorganische Chemie, Organische Chemie, Hauptgruppenchemie sowie Festkörperchemie</li> <li>- können die Methoden aus den o.g. Bereichen einander gegenüberstellen, bewerten und zur Entwicklung neuer Techniken verknüpfen</li> <li>- haben die Fähigkeit fortgeschrittene Techniken zur Analytik nanoskaliger und kristalliner Feststoffe zu beschreiben, einzuordnen und anzuwenden.</li> </ul>
<b>Studienleistungen</b>	Regelmäßige Teilnahme
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Mündliche Prüfung
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Andreas Schnepf, Dr. Claudio Schrenk
<b>Dozenten</b>	Dozenten des Fachbereichs Chemie
<b>Verwendbarkeit</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Chemie angerechnet werden.
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine

<b>Modulnummer:</b> CWMB	<b>Modultitel:</b> Focus Module Chemistry B		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Studienjahr		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung		
<b>Modulinhalt*</b>	<p>Aus den folgenden Veranstaltungen müssen insgesamt so viele erfolgreich absolviert werden, die zusammengerechnet mindestens 6 SWS ergeben.</p> <p><u>Physikalische organische Chemie (OCM2; Vorlesung 2 SWS):</u> Bindungstheorie (Kraftfelder, VB, MO), Thermochemie (Inkrementensysteme), Konformationsanalyse, Elektronische Effekte, Lösungen und nicht-kovalente Wechselwirkungen, molekulare Erkennung und supramolekulare Chemie; Kinetik: Prinzipien und Reaktionsmechanismen, Isotopieeffekte, Substituenten-effekte, lineare freie Enthalpiebeziehungen; Aufklärung von Mechanismen.</p> <p><u>Synthesestrategien (OCM3; Vorlesung 2 SWS):</u> Gründe für Synthesen, Retrosynthetische Konzepte (konvergente vs. lineare Synthesen, Transform, Retron, Synthons), FGI (functional group inter-conversions), Zugang zu dissonanten Systemen (Umpolung, Cyclopropane, dissonante Bausteine, homolytische Spaltung), Synthesen von Ketten (C-C-Knüpfungen, C=C-Knüpfungen, Nutzung von Alkinen, Umlagerungen), Synthesestrategien zu Ringen, anellierten Systemen und Polycyclen.</p> <p><u>Reaktive Zwischenstufen (OCM5; Vorlesung 2 SWS):</u> Carbokationen (Carbenium- und Carboniumionen), Carbanionen, Radikale und Diradikale, Carbene, Nitrene: Erzeugung der reaktiven Zwischenstufen (photochemisch, thermisch, chemisch), Energie und Struktur (Gasphase vs. Lösung, Hyperkonjugation, klass. und nicht-klass.), Nachweis und Spektroskopie (Abfangchemie, Isolierung in inerten Medien, zeitaufgelöste Spektroskopie), Reaktionsverhalten: Umlagerungen, intermolekulare Reaktionen; Anwendungen in der Synthese (metallvermittelte Erzeugung).</p> <p><u>Reaktionen und funktionelle Gruppen (OC1b2; Vorlesung 2 SWS):</u> Reaktionen von Carbonylverbindungen und Carbonsäure-Derivaten, Umlagerungen, Reduktionen und Oxidationen.</p> <p>Nach vorheriger Rücksprache mit dem Modulverantwortlichen kann auch eine Veranstaltung aus den Focus Modules Chemistry A/C/D gewählt werden.</p>		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzen, abhängig von den gewählten Veranstaltungen, fortgeschrittene Kenntnisse aus den Bereichen organischer Chemie, Syntheseplanung und Syntheseführung</li> <li>- können die Methoden aus den o.g. Bereichen einander gegenüberstellen, bewerten und zur Entwicklung neuer Techniken verknüpfen</li> </ul>		
<b>Studienleistungen</b>	Regelmäßige Teilnahme		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Je nach Veranstaltung: Klausur oder mündliche Prüfung		

<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Andreas Schnepf, Dr. Claudio Schrenk
<b>Dozenten</b>	Dozenten des Fachbereichs Chemie
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Chemie angerechnet werden.
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	keine



<b>Modulnummer:</b> CWMC	<b>Modultitel:</b> Focus Module Chemistry C		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Studienjahr		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung		
<b>Modulinhalt*</b>	<p>Aus den folgenden Veranstaltungen müssen insgesamt so viele erfolgreich absolviert werden, die zusammengerechnet mindestens 6 SWS ergeben.</p> <p><u>Übergreifende theoretische Konzepte der Spektroskopie (PCM1; Vorlesung 2 SWS):</u> Anhand der zeitabhängigen Schrödinger-Gleichung wird die Dynamik der Wechselwirkung zwischen einem 2-Niveau-System und elektromagnetischer (E.M.) Strahlung untersucht. Vier Kapitel mit den folgenden Stichworten werden erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) schwache breitbandige Anregung: Fermi's Goldene Regel, spektrale Zustandsdichte, Zusammenhang mit Einsteinkoeffizienten.</li> <li>2) 2-Niveau System in Resonanz mit starker E.M. Strahlung: Rabi-Oszillationen, zeitabhängiges induziertes Übergangsmoment.</li> <li>3) Beschreibung der induzierten Polarisation, Relaxationsmechanismen, freier Induktionszerfall, kohärente und inkohärente Emission (Fluoreszenz), homogene und inhomogene Linienverbreiterung, Dichtematrixformalismus, gepulste Anregung, Echo-Spektroskopie, 3-Niveausystem, Sättigung</li> <li>4) Magnetisierung, Bloch'sche Gleichungen, chemische Verschiebung, transversale und longitudinale Relaxation.</li> </ol> <p><u>Anwendungen der Physikalischen Chemie: Feststoffe, Grenzflächen, Modellsysteme (PCM2; Vorlesung 2 SWS):</u> Die statistische Thermodynamik wird vertieft und Quantenstatistiken werden zur Berechnung von Zustandsgrößen wichtiger Modellsysteme herangezogen. Grundlagen für die Beschreibungen von Gitterschwingungen und elektronischen Eigenschaften von Feststoffen werden aufbauend auf Struktur und Symmetrie entwickelt. Ausgehend vom Bändermodell werden elektrische und optische Eigenschaften von Metallen, Halbleitern und Isolatoren beschrieben. Wechselwirkungen elektromagnetischer Strahlung mit Feststoffen und deren Anwendungen werden diskutiert. Die Realstruktur von Feststoffen wird in Zusammenhang mit thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten behandelt. Prozesse an Grenzflächen, Gleichgewichte sowie Ladungs- und Stofftransport werden analysiert.</p> <p><u>Optische Mikroskopie (PCM8; Vorlesung 2 SWS):</u> Beugungsgrenze, konfokale Mikroskopie, Fernfeld und Nahfeld eines Hertz-Dipols, Feldverteilung im Fokus bei radial- und azimuthaler Beleuchtung. Nachweisgrenzen, einzelne Photonen, Time-Correlated Single-Photon Counting, Photonenstatistik, optische Signale einzelner Moleküle vs. Ensemble, oberflächenverstärkte Raman-Spektroskopie, Nanopartikel und Quantenpunkte, Methoden zur Überwindung der Beugungsgrenze:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) mit beugungsbegrenzter Optik (STED, etc.),</li> <li>2) mit evaneszenten optischen Feldern, optische Eigenschaften von Metallen, Teilchen-Plasmonen, optische Antennen.</li> </ol> <p>Rastersondenmikroskopie: Rasterkraftmikroskopie, Tunnelstrommikroskopie, spitzenverstärkte optische Nahfeldmikroskopie und –Spektroskopie.</p> <p><u>Methoden der Quantenchemie (TCM1; Vorlesung 2 SWS):</u></p> </p>		

	<p>Systematische Ableitung der Hartree-Fock Theorie aus den Postulaten der Quantenmechanik; Elektronenkorrelationsmethoden: Konfigurations-wechselwirkung, Møller-Plesset Störungstheorie, Coupled Cluster Theorie und Grundlagen der Dichtefunktionaltheorie.</p> <p>Nach vorheriger Rücksprache mit dem Modulverantwortlichen kann auch eine Veranstaltung aus den Focus Modules Chemistry A/B/D gewählt werden.</p>
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzen, abhängig von den gewählten Veranstaltungen, fortgeschrittene Kenntnisse aus den Bereichen physikalischer Chemie, theoretischer Chemie und Stoffcharakterisierung</li> <li>- können die Methoden aus den o.g. Bereichen einander gegenüberstellen, bewerten und zur Entwicklung neuer Techniken verknüpfen</li> </ul>
<b>Studienleistungen</b>	Regelmäßige Teilnahme
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Mündliche Prüfung
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Andreas Schnepf, Dr. Claudio Schrenk
<b>Dozenten</b>	Dozenten des Fachbereichs Chemie
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Chemie angerechnet werden.
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	keine

<b>Modulnummer:</b> CWMD	<b>Modultitel:</b> Focus Module Chemistry D		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Studienjahr		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung		
<b>Modulinhalt*</b>	<p>Aus den folgenden Veranstaltungen müssen insgesamt so viele erfolgreich absolviert werden, die zusammengerechnet mindestens 6 SWS ergeben.</p> <p><u>Molekulare Elektrochemie (ANM3; Vorlesung 2 SWS):</u> Elektrodenreaktionen, Transportprozesse an Elektroden, Elektronentransfer an Molekülen, elektrochemische Zellen; Elektroanalyse, Polarographie, Chrono-amprometrie, cyclische Voltammetrie, Spektroelektrochemie, elektrochemische Quarzmikrowaage und Rastermikroskopie, Methoden zur quantitativen und qualitativen Bestimmung redoxaktiver Moleküle; elektrochemische Reaktionsmechanismen, Simulation; Stoffumsetzung und Elektrosynthese, elektrochemische Bindungsknüpfung und -spaltung, elektrochemisch induzierte Substitutionen und Schutzgruppentechniken, elektro-chemisch generierte Basen, medierte und elektroenzymatische Reaktionen, gepaarte, kombinatorische und industrielle Elektrolysen.</p> <p><u>Sensoren (ANM7; Vorlesung 2 SWS):</u> General introduction to Gas Sensors, Gas Sensor Performance, Gas sensors based on Semiconducting Metal Oxides (SMOX), Operando SMOX, electrochemical cell, Gas sensors based on polymers, Polymers technology, Operando polymers, Chemometrics, Gas sensors: Applications (Voraussetzungen werden in PCM6 und PCM9 abgehandelt).</p> <p><u>Moderne NMR-Methoden in der organischen Chemie (ANM14; Vorlesung 1 SWS):</u> Erweiterte Theorie der NMR-Spektroskopie: Komplexe Pulsfolgen und deren Beschreibung mittels Produktoperatoren (Produktoperatorformalismus), Überblick über zweidimensionale homo- und heteronukleare Zuordnungstechniken: Homonuklear korrelierte NMR-Spektroskopie: H,H Correlation Spectroscopy (H,H-COSY), Total Correlation Spectroscopy (TOCSY); Heteronuklear korrelierte Spektroskopie: C,H Correlation Spectroscopy (C,H-COSY), Heteronuclear Single Quantum Coherence Spectroscopy (HSQC), Heteronuclear Multiple Quantum Coherence Spectroscopy (HMQC), Heteronuclear Multiple Bond Correlation Spectroscopy (HMBC); Detektion von räumlichen Wechselwirkungen: Nuclear Overhauser Effect Spectroscopy (NOESY), Rotating Frame Overhauser Effect Spectroscopy (ROESY), Transferred Nuclear Overhauser Effect Spectroscopy (tr-NOESY), Saturation Transfer Difference Spectroscopy (STD); Spezielle NMR-Methoden: Diffusion Ordered NMR-Spectroscopy (DOSY), Residual Dipolar Couplings (RDCs) als NMR-Parameter für die Strukturaufklärung organischer Moleküle</p> <p><u>Methoden der anorg. Forschung 4 (ACMn24; Vorlesung 1 SWS):</u> NMR-Wechselwirkungen im Festkörper: Anisotropie der chemischen Verschiebung, direkte Dipol-Dipol-Kopplung, indirekte Spin-Spin-Kopplung, Kern-Quadrupolkopplung; Magic-Angle-Spinning; homonukleare Entkopplung; Kreuzpolarisierung; Einkristall-NMR, Pulverproben, amorphe Systeme; Dynamik.</p> <p><u>Methoden der anorg. Forschung 5 (ACMn25; Vorlesung 1 SWS):</u> Pulstechniken zur Korrelation oder Separation von Wechselwirkungen, Zuordnungstechniken.</p>		

	<p><u>Methoden der anorg. Forschung 6 (ACMn26; Vorlesung 1 SWS):</u>                  Teil 1: Praktischer Verlauf und Grundprinzipien von Röntgenbeugungsstudien anhand von Beispielen aus der Praxis, nötige Voraussetzungen, richtige Interpretation der Ergebnisse und Qualitätsabschätzung, mögliche Fallstricke und Probleme;                  Teil 2: Weiterentwicklung der Methode (Multipolverfeinerung), Visualisierung und Analyse von Elektronendichten durch hochauflösende Röntgenbeugungsstudien: Analyse chemischer Bindungen und interatomarer Wechselwirkungen im Experiment (Atoms-in-Molecules-Konzept), Bestimmung chemischer und physikalischer Eigenschaften (atomare Ladungen, Dipole, Lewis-acide und -basische Zentren), aktuelle Forschungsbeispiele.</p> <p>Nach vorheriger Rücksprache mit dem Modulverantwortlichen kann auch eine Veranstaltung aus den Focus Modules Chemistry A/B/C gewählt werden.</p>
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzen, abhängig von den gewählten Veranstaltungen, fortgeschrittene Kenntnisse aus den Bereichen physikalischer und analytischer Chemie, Charakterisierung und Messauswertung</li> <li>- können die Methoden aus den o.g. Bereichen einander gegenüberstellen, bewerten und zur Entwicklung neuer Techniken verknüpfen</li> </ul>
<b>Studienleistungen</b>	Regelmäßige Teilnahme
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Mündliche Prüfung
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Andreas Schnepf, Dr. Claudio Schrenk
<b>Dozenten</b>	Dozenten des Fachbereichs Chemie
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Chemie angerechnet werden.
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	keine

<b>Modulnummer:</b> CWME	<b>Modultitel:</b> Focus Module Chemistry E		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 180 h	Selbststudium: 90 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Praktikum		
<b>Modulinhalt*</b>	Praktische Projektarbeit in einem Labor des Fachbereichs Chemie		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- können moderne chemische Labortechniken einsetzen und anwenden</li> <li>- sind in der Lage sich eigenständig an Projektarbeiten durchzuführen und die erzielten Ergebnisse zu analysieren und zu beurteilen</li> <li>- können qualifizierte Techniken zur Präsentation von Forschungsergebnissen anwenden</li> </ul>		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Seminarpräsentation und Projektbericht. Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.		
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Andreas Schnepf, Dr. Claudio Schrenk		
<b>Dozenten</b>	Dozenten des Fachbereichs Chemie		
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Masterstudiengängen des Fachbereichs Chemie angerechnet werden.		
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	Focus Module Chemistry A, B, C oder D		

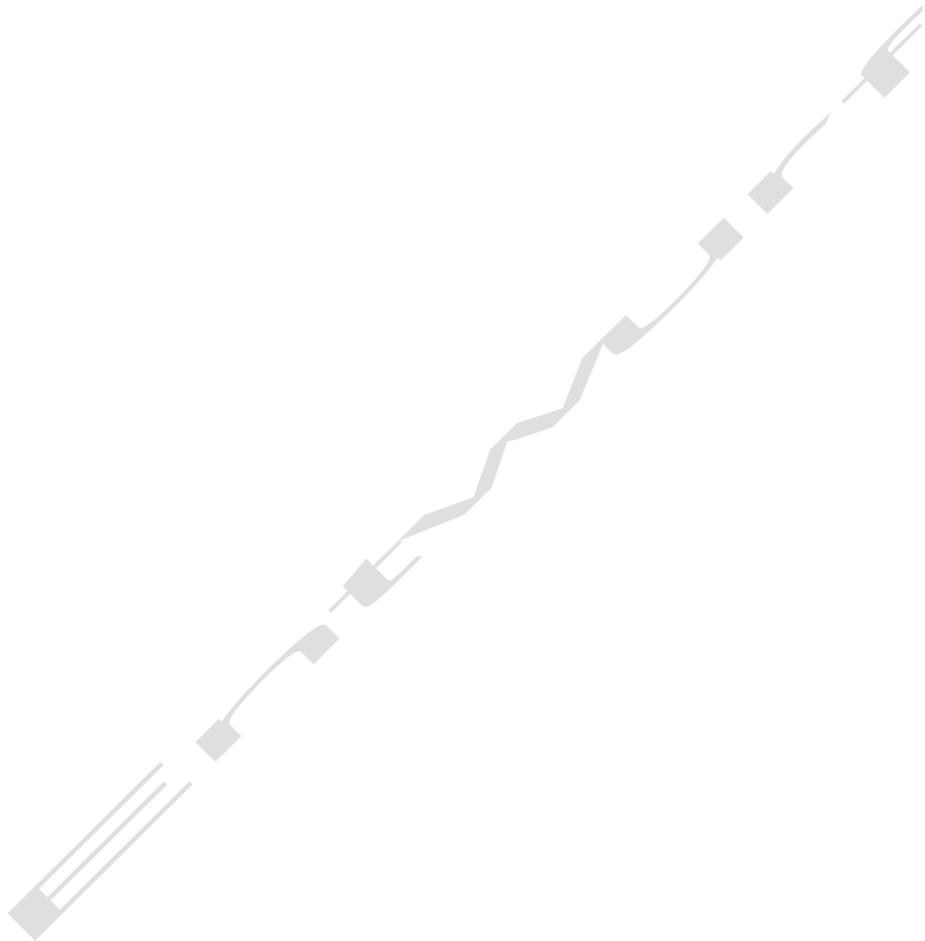
**Wahlmodule des Fachbereichs Physik**

<b>Modulnummer:</b> PWMA	<b>Modultitel:</b> Focus Module Physics A		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand*</b> - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr (zum Wintersemester)		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung und Übungen		
<b>Modulinhalt*</b>	<u>Kondensierte Materie (BMEPKM; Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS):</u> Struktur, Dynamik und Mechanik kondensierter Materie (Kristalle, Flüssigkristalle, Flüssigkeiten); Elektronische Struktur von Festkörpern I: Freies Elektronengas und Bloch-Wellen, Kristallgitter, Phononen; Elektronische Struktur von Festkörpern II: Energiebänder, Metalle, Halbleiter, Isolatoren; Ordnungsphänomene und Phasenübergänge, Magnetismus, Supraleitung		
<b>Qualifikationsziele*</b>	Die Studierenden - besitzen erweiterte Kenntnisse der Physik der kondensierten Materie - verstehen die physikalischen Grundlagen von Materialeigenschaften und können Zusammenhänge zwischen Theorie und Anwendung herstellen - können konzeptionell experimentelle Analyseverfahren zur Bearbeitung materialwissenschaftlicher und nanotechnologischer Probleme neu zusammenstellen und verknüpfen		
<b>Studienleistungen</b>	Regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Klausur		
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Frank Schreiber, Prof. Dr. Reinhold Kleiner		
<b>Dozenten</b>	Prof. Dr. Frank Schreiber, Prof. Dr. Reinhold Kleiner		
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann im Bachelorstudiengang Physik angerechnet werden.		
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	keine		

<b>Modulnummer:</b> PWMB	<b>Modultitel:</b> Focus Module Physics B		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand* - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 180 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr (zum Sommersemester)		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung und Übungen		
<b>Modulinhalt*</b>	<u>Physik der Nanostrukturen (BMEPPN; Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS):</u> Einführung; Festkörperphysik in reduzierten Dimensionen; Herstellungsverfahren und Charakterisierungsmethoden; Halbleiter-Grenzflächen und Bauelemente; Halbleiter-Nanostrukturen; Grenzflächen in metallischen Systemen und Bauelemente (magnetische und supraleitende); metallische, supraleitende und magnetische Nanostrukturen; Grenzflächen zwischen Isolatoren; organische Systeme und biologische Materialien; Kohlenstoff-basierte Systeme (Carbon Nanotubes und Graphene); Mikromaschinen		
<b>Qualifikationsziele*</b>	Die Studierenden - besitzen erweiterte Kenntnisse der Physik der Nanostrukturen und Grenzflächen - verstehen die physikalischen Grundlagen von Eigenschaften auf der Nanoskala und können Zusammenhänge zwischen Theorie und Anwendung für Nanomaterialien herstellen - können konzeptionell experimentelle Analyseverfahren zur Bearbeitung materialwissenschaftlicher und nanotechnologischer Probleme neu zusammenstellen und verknüpfen		
<b>Studienleistungen</b>	Regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Klausur		
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Dieter Kölle, Prof. Dr. David Wharam		
<b>Dozenten</b>	Prof. Dr. Dieter Kölle, Prof. Dr. David Wharam und Dozenten des Fachbereichs Physik		
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann im Bachelorstudiengang Physik angerechnet werden.		
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	keine		

<b>Modulnummer:</b> PWMC	<b>Modultitel:</b> Focus Module Physics C		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand* - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h / 6 SWS	Selbststudium: 165 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Studienjahr		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch und Englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Vorlesung, Praktikum und Übungen		
<b>Modulinhalt*</b>	<p>Aus den folgenden Veranstaltungen müssen insgesamt so viele erfolgreich absolviert werden, die zusammengerechnet mindestens 6 SWS ergeben.</p> <p><u>Physik der molekularen und biologischen Nanostrukturen (Vorlesung 2 SWS)</u> Physikalische Grundlagen und Anwendungen biologischer und bioinspirierter Systeme: Zelluläre Systeme, DNA Computer, Biosensoren, Mikrofluidik, Neuronen <u>NanoBioPhysics and Scanning Probe Microscopy (Vorlesung 2 SWS)</u> Families of scanning probe microscopes, measurement of small forces, AFM technology, elastic properties of nanostructures, mechanical resonators, friction on the nanoscale, magnetic nanostructures, mechanical unfolding of single molecules, molecular glues, biomineralization <u>Physik der molekularen und biologischen Materie (Vorlesung 2 SWS)</u> Einführung: Was sind molekulare, weiche und biologische Materialien; Wechselwirkungen in molekularen und biologischen Systemen; H-Brückenbindung und DNA; van-der-Waals-Kräfte; Wasser: Besondere Eigenschaften und Rolle als Lösungsmittel; Ionen in Lösung und Debyesche Abschirmlänge; hydrophobe Kräfte; entropische Kräfte; Ausgewählte organische und biologische Materialien und ihre Eigenschaften; Polymere, DNA, Proteine; Flüssigkristalle; Grenzflächenaktive Moleküle; Organische Dünnschichtsysteme, Lipidschichten; Organische Farbstoffe und Halbleiter, leitfähige Polymere <u>Experimental Techniques in NanoScience and Biophysics (Vorlesung 2 SWS)</u> Einführung in Experimentelle Techniken, Fehlerstatistik, Allgemeine Konzepte, Spektroskopie, Mikroskopie, Streuung, Präparation, Vakuumtechnik <u>Numerical Techniques I (Vorlesung+Übung 2 SWS)</u> Einführung in MATLAB: Plotten, Programmstrukturen, Fitten, Datenanalyse <u>Numerical Techniques II (Vorlesung+Übung 2 SWS)</u> Visualisierung, einfache Simulationen, Prozesssteuerung <u>Elektronenmikroskopie und Spektroskopie (Vorlesung 2 SWS)</u> Grundlagen der Beugung, Welle-Teilchen-Dualismus, Funktion von Elektronenmikroskopen und deren Komponenten, Linsenfehler und Auflösungsvermögen elektronenoptischer Linsen, Kristallographie, kinematische und dynamische Beugungstheorie im Zweistrahlfall, Kristallbaufehleranalyse und Stereomikroskopie, elastische und inelastische Streutheorie, Spektroskopie, Fallbeispiele <u>Elektronenmikroskopisches Praktikum (Praktikum 3 SWS)</u> Justage von REM und TEM, Sekundärelektronenabbildung und EDX-Analyse am REM, Dynamische Beugung und Zweistrahlfälle am TEM, Definiertes Kippen der Proben im TEM, Einstellung von Bild- und Beugungsbildern, Aufnahmen von Bildern mit der CCD-Kamera, EDX-Spektroskopie am TEM</p>		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sind in der Lage, abhängig von den gewählten Veranstaltungen, Grundlagen der Nanophysik oder Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie zu beschreiben, einzuordnen und anzuwenden</li> <li>- können dabei anfallende Daten erfassen und numerisch analysieren.</li> </ul>		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	<p>Abhängig von den gewählten Teilveranstaltungen: Vortrag oder Protokoll oder mündliche Prüfung, Bearbeitung von Aufgaben. Details werden zu Beginn der Teilveranstaltungen bekanntgegeben. Mindestens 4 SWS (6 ECTS) müssen benotet sein.</p>		

<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Martin Oettel
<b>Dozenten</b>	Prof. Dr. Tilman Schäffer, Prof. Frank Schreiber, Prof. Dr. Oliver Eibl, Prof. Dr. Martin Oettel, Dr. Alexander Gerlach, Dr. Hans-Joachim Schöpe, Dr. Fajun Zhang
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann im Bachelorstudiengang Physik angerechnet werden.
<b>Teilnahme-voraussetzungen*</b>	Keine



<b>Modulnummer:</b> BWMD	<b>Modultitel:</b> Focus Module Physics D		<b>Art des Moduls:</b> Wahlmodul
<b>ECTS-Punkte*</b>	9 ECTS		
<b>Arbeitsaufwand* - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 180 h	Selbststudium: 90 h
<b>Moduldauer*</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots*</b>	jedes Studienjahr		
<b>Unterrichtssprache</b>	deutsch und englisch		
<b>Lehr- /Lernformen*</b>	Praktikum		
<b>Modulinhalt*</b>	Praktische Projektarbeit in einem Labor des Fachbereichs Physik		
<b>Qualifikationsziele*</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- können physikalische Labortechniken und/oder numerische Methoden aus dem Bereich der Theorie der weichen Materie/statistischen Physik anwenden und analysieren</li> <li>- sind in der Lage sich eigenständig an Projektarbeiten durchzuführen und die erzielten Ergebnisse zu analysieren und zu beurteilen</li> <li>- können qualifizierte Techniken zur Präsentation von Forschungsergebnissen anwenden</li> </ul>		
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten/ Benotung (ggf. Gewichtung)*</b>	Seminarpräsentationen und Projektbericht. Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.		
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Martin Oettel		
<b>Dozenten</b>	Dozenten des Fachbereichs Physik		
<b>Verwendbarkeit*</b>	Dieses Modul kann in verschiedenen Studiengängen des Fachbereichs Physik angerechnet werden.		
<b>Teilnahmevoraussetzungen*</b>	Für dieses Modul muss eine individuelle Zulassung durch einen Dozenten des Fachbereichs Physik erfolgen und mit dem Modulverantwortlichen abgestimmt sein.		