

Modul –Handbuch

Master of Science

in

Physik

Ausbildungsabschnitte:

Allgemeine Physik

Mit den Modulen Fortgeschrittene Quantenmechanik und Fortgeschrittenenpraktikum

Vertiefungsfach als Hauptfach

Mit Modulen Seminar, Laborpraktikum und Vorlesungen aus dem Vertiefungsfach

Vertiefungsfach als Nebenfach

Mit Vorlesungen aus einem weiteren Vertiefungsfach

Nichtphysikalisches Nebenfach

Abschlussarbeit

Mit den Modulen Methoden, Projektplanung und Masterarbeit

Vertiefungsfächer sind:

1. Niedertemperaturplasmaphysik
2. Fusionsplasmaphysik
3. Nano- und Grenzflächenphysik
4. Many-Particle-Theory and Computational Physics

Master of Science in Physik

Übersicht

Semester	Allgem. Physik		Vert. Hauptf.		Vert. Nebenf.		Nichtphysik. Fach		Summe SWS	Summe LP
	SWS	LP	SWS	LP	SWS	LP	SWS	LP		
1	AQ	4/2 9	Vorl	4 6	Vorl	4 6	Vorl	6 9	20	30
2	FP	6 9	Vorl	4 6			Vorl	2 3	20	30
			S*	2 3						
			AGP	6 9						
3			Proj	10 15					20	30
			Meth	10 15						
4			A	20 30					20	30
Summen		12 18		56 84	4	6		8 12	120	120

* Seminar bei Bedarf Vertiefungsfach-übergreifend

Modul AQ: Fortgeschrittene Quantenmechanik (Vielteilchensysteme)

Verantwortlicher: Prof. Dr. H. Fehske

Dozent(inn)en: Dozenten der Theoretischen Physik

Modulziele: Vertiefte Kenntnisse der Quantentheorie

Modulinhalte:

Systeme identischer (auch wechselwirkender) Teilchen, Quantenflüssigkeiten, lineare Antworttheorie, Fluktuations-Dissipations Theorem, relativistische Quantenmechanik (Klein-Gordon & Dirac Feld), Streutheorie, Einführung in die Quantenfeld- & Eichtheorie, Spin-Statistik-Theorem, Mathematische Ergänzungen

Lehrmethoden: Vorlesung, Übungen

Empf. Vorkenntnisse: B. Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 4 SWS Vorlesung, 2 SWS Übungen, Selbststudium

Leistungsnachweis: 9 LP, Klausur oder mdl. Prüfung nach Vorgabe des Dozenten

Empfohlene Einordnung: 1. Semester, WS

Literatur: F. Schwabl: Quantenmechanik für Fortgeschrittene
J. Sakurai: Advanced Quantum Mechanics
J.D. Borken, S.D. Drell: Relativistische Quantenfeldtheorie
N. N. Bogoljubov, D. V. Shirkov: Quantenfelder

Modul FP: Fortgeschrittenen-Praktikum

Verantwortlicher: Prof. Dr. R. Hippler

Dozent(inn)en: Dozenten der Experimentellen und Angewandten Physik

Modulziele: Erwerb vertiefter experimenteller Kenntnisse und Fertigkeiten

Modulinhalte:

Mie-Streuung, Ellipsometrie, Oberflächenanalytik, Bernsteinwellen, Diodenlaser-Absorptionsspektroskopie, Massenspektrometrie, Ionenfallen, Josephson-Effekte, Rasterkraftmikroskop, Elektronenemission und Sondendiagnostik, Videomikroskopie

Lehrmethoden: Praktikum in Gruppen

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 6 SWS Praktikum, Selbststudium

Leistungsnachweis: 9 LP, Versuchsprotokolle

Empfohlene Einordnung: 1. Semester, WS

Literatur: L. Bergmann, Cl. Schaefer: Lehrbuch der Experimentalphysik, de Gruyter
D. Meschede: Gerthsen Physik, Springer
P. A. Tipler, G. Mosca: Physik, Elsevier/Spektrum

Modul Vertiefungsfach *Niedertemperaturplasmaphysik*:

Modul-Verantwortliche: Profs. Meichsner, Melzer

Teil-Module im 1. Semester (obligatorisch):

**Niedertemperatur-Plasmaphysik
Plasmadiagnostik**

Teil-Module im 2. Semester

Obligatorisch:

Seminar

Praktikum

nach Wahl der Dozenten werden angeboten:

Reaktive Plasmen

Staubige Plasmen

Normaldruck-Plasmen

Plasmatheorie (s. Modul Many-Particle-Theory and Computational Physics)

Teil-Modul**Niedertemperatur-Plasmaphysik****Dozent(inn)en:**

Prof. Meichsner, Melzer, PD Wagner

Modulziele:

Die Studierenden

- erwerben vertiefte Kenntnisse von Prozessen und Vorgängen in Niedertemperaturplasmen
- sind in der Lage, Probleme der Niedertemperaturplasmaphysik selbständig zu lösen

Modulinhalte:

Erzeugung von Plasmen, Plasmaquellen, Charakterisierung von Plasmaquellen, Entladungsmodelle, Elementarprozesse im Plasmavolumen und an Oberflächen, Plasma-Wand-Übergang, Randschichten

Lehrmethoden:

Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse:

B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand:

2 SWS, Selbststudium

Leistungsnachweis:

3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung:Vertiefungsfach Niedertemperaturplasmaphysik,
1. Semester, WS**Literatur:**

F. F. Chen: Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Press
Liebermann, Lichtenberg: Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, Wiley & Sons
Raizer: Gas Discharge Physics, Springer
V. M. Lelevkin et al.: Physics of Non-Equilibrium Plasmas, Elsevier Science Publishing B. V.
R. Hippler et al. (Ed.) Low Temperature Plasma Physics, Wiley

Teil-Modul**Plasmadiagnostik****Dozent(inn)en:**

Profs Meichsner, Melzer, Hartfuß, PDs Wagner, Röpcke

Modulziele:

Die Studierenden

- erhalten einen systematischen Überblick über wichtige Methoden der Diagnostik von NTP und ihre physikalischen Grundlagen
- erfahren die kritische Bewertung und meist engen Einsatzgrenzen der vorgestellten Methoden
- werden auf den alternativen und / oder vergleichenden Einsatz verschiedener Verfahren zur Diagnostik von Niedertemperatur- und / oder Fusionsplasmen vorbereitet

Modulinhalte:

Langmuir-Sonden (Sondenformen -und Charakteristik, Theorie des Stromes zur Sonde, Druyvesteyn-Methode, Anwendung in verschiedenen Plasmasituationen)

Optische Spektroskopie (Emissionsspektroskopie, Corona-Modell und Aktinometrie, Absorptionsspektroskopie, Laserspektroskopie, Analyse der Kontinuumsemission, Thomsonstreuung)

Massenspektrometrie (Quadrupol-Massenspektrometer, Analyse von Neutralteilchen und Ionen, Energieanalyse)

Gaschromatographie (Technik und Meßprinzip, ausgewählte Kenngrößen, Analytik-Beispiele)

Magnetische Messungen,

Zyklotronstrahlung,

Mikrowellendiagnostik,

Atomstrahldiagnostik, Analyse von Umladungsneutralen,

Fusionsprodukte

Lehrmethoden:

Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse:

B. Sc. Physik

Arbeitsaufwand:

2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis:

3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung:

Vertiefungsfach Fusionsplasmaphysik

Vertiefungsfach Niedertemperaturplasmaphysik

1. Semester, WS

Literatur:

P. M. Chung et al.: Electronic Probes in Stationary and Flowing Plasma: Theory and Application, Springer

W. Lochte-Holtgreven (Ed.), Plasma Diagnostics, AIP Press

W. Demtröder: Laserspektroskopie, Springer

I.H. Hutchinson: Principles of Plasma Diagnostics, Cambridge Univ. Press

T. J. Dolan: Fusion Research; Pergamon Press, New York

T. J. M. Boyd and J. J. Sanderson: The Physics of Plasma, Cambridge Univ. Press

Transaction of Fusion Technology, "Carolus Magnus Summer School on Plasma Physics", 25, number 2T, part 2, 289 – 340 (1994)

Teil-Modul **Reaktive Plasmen**

Dozent(inn)en: Profs. Meichsner, Weltmann, PD Wagner

Modulziele: Die Studierenden

- kennen Grundlagen der Reaktionskinetik in molekularen Plasmen und Mechanismen der reaktiven Plasma-Oberflächen-Wechselwirkung
- kennen Reaktormodelle und Ähnlichkeitsparameter
- kennen ausgewählte Anwendungen reaktiver Plasmen zur plasmachemischen Stoffwandlung und Oberflächenbearbeitung

Modulinhalte:

Elementarprozesse und Kinetik plasmachemischer Reaktionen in thermischen und nichtthermischen Plasmen molekularer Gase

Elementarprozesse und Mechanismen der reaktiven Plasma-Oberflächen-Wechselwirkung

Makroskopische Reaktormodelle, Transportprozesse, Reaktorkennzahl, (numerische Modellierung)

Ausgewählte Anwendungen reaktiver Plasmen (plasmachemische Stoffwandlung, Plasmaätzen, Plasmamodifizierung von Oberflächen, plasmagestützte Abscheidung dünner Schichten, Plasmakatalyse)

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Niedertemperaturplasmaphysik
2. Semester, SS

Literatur: M. A. Liebermann, A. J. Lichtenberg: Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, Wiley
G. Janzen: Plasmatechnik: Grundlagen, Anwendungen, Diagnostik, Hüthig
T. Makabe (Ed.): Advances in Low Temperature RF Plasmas. Basis for Process Design, Elsevier Science Publishers B. V

Teil-Modul Staubige Plasmen

Dozent(inn)en: Prof. Melzer

Modulziele: Die Studierenden

- kennen Grundlagen der Vorgänge und Mechanismen in partikelhaltigen Plasmen
- kennen Kräfte und Organisationsprozesse in staubigen Plasmen
- kennen ausgewählte Vorkommen/Anwendungen staubiger Plasmen

Modulinhalte:

Vorkommen und Anwendung staubiger Plasmen, Aufladung von Partikeln, Kräfte auf Partikel, Plasma-Partikel-Wechselwirkung, Wellen in staubigen Plasmen, staubige Plasmen in der Astrophysik, Teilchenwachstum, Partikel-Oberflächen-Wechselwirkung

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: Einführung in die Plasmaphysik, Niedertemperatur- oder Fusions-Plasmaphysik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Niedertemperaturplasmaphysik
2. Semester, SS

Literatur: A. Melzer: Introduction to Colloidal (Dusty) Plasmas, Vorlesungsskript (www5.physik.uni-greifswald.de)
F. Verheest: Waves in Dusty Space Plasmas, Kluver Academic Publishers
P. K. Shukla and A. A. Mamun: Introduction to Dusty Plasma Physics, IOP Publishing

Teil-Modul **Normaldruck-Plasmen**

Dozent(inn)en: PD Wagner

Modulziele: Die Studierenden

- kennen wichtige Normaldruckplasmen, ihre Betriebsbedingungen, Zündmechanismen und Plasmaparameter
- kennen ihre Diagnostik und den aktuellen Stand der Modellierung
- kennen ausgewählte Anwendungen dieser Plasmen zur plasmachemischen Stoffwandlung und Oberflächenbearbeitung bei Atmosphärendruck

Modulinhalte:

Dielektrisch behinderte Entladungen (Entladungskonfigurationen und Betriebsparameter, Entwicklung von Mikroentladungen, filamentierter und diffuser Mode)
Koronaentladungen (Negative und positive Korona, Streamer-Mechanismen, Übergang zur Funkenentladung)
Bogenentladungen
Mikrohohlkatoden-Entladungen
Plasmastrahlen

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: Vorlesung Grundlagen der Niedertemperaturplasmen

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Niedertemperaturplasmaphysik
2 Semester, SS

Literatur: K. H. Becker et al. (Ed.): Non-Equilibrium Air Plasmas at Atmospheric Pressure, IOP-Publishing
V. Samoilovich, V. Gibalov, K. Kozlov: Physical chemistry of the barrier discharge, Düsseldorf 1997: DVS-Verlag GmbH
Y. P. Raizer: Gas Discharge Physics, Springer

Modul Vertiefungsfach *Fusionsplasmaphysik*

Modul-Verantwortliche: Profs. Klinger, Wagner

Teil-Module im 1. Semester (obligatorisch):

Hochtemperaturplasmaphysik

Plasmadiagnostik (s. Modul Niedertemperaturplasmaphysik)

Teil-Module im 2. Semester

Obligatorisch:

Seminar

Praktikum

nach Wahl der Dozenten werden angeboten:

Fusionsphysik

Plasmarandschichtphysik

Plasmawellen und Heizung

Plasmatheorie (s. Modul Many-Particle-Theory and Computational Physics)

Teil-Modul **Hochtemperaturplasmaphysik**

Dozent(inn)en: Profs Wagner, Klinger, JunProf Grulke

Modulziele: Die Studierenden

- erwerben vertiefte Kenntnissen von Prozessen und Vorgängen in Fusionsplasmen mit Magnetfeld
- sind in der Lage, Probleme der Fusionsplasmaphysik selbstständig zu lösen

Modulinhalte:

Teilchenbahnen in magnetischen und elektrischen Feldern, Flüssigkeitsmodelle, Wellenausbreitung im Magnetfeld, Magnetische Einschlußkonzepte, Landau-Dämpfung, Grundlagen der Plasmaheizung, Laser-Plasma-Wechselwirkung

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Fusionsplasmaphysik
1. Semester, WS

Literatur: F. F. Chen: Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion; Vol. I, Plenum Press
A.Dinklage, T. Klinger, G. Marx, L. Schweikhard, Eds.: Plasma Physics, Springer lecture notes in physics
Artsimovitsch/Sagdejew: Plasmaphysik, Teubner

Teil-Modul **Fusionsphysik**

Dozent(inn)en: Profs. Klinger, Wagner, JunProf Grulke

Modulziele: Die Studierenden

- erhalten einen Überblick über die Prinzipien der thermonuklearen Fusion,
- lernen die verschiedenen Konzepte für Fusionsanlagen kennen,
- bekommen die Einzelaspekte des magnetischen Einschlusses heißer Plasmen vermittelt.

Modulinhalte:

Kernphysikalische Grundlagen der Fusion, Lawson-Kriterium, kalte Fusion, Trägheitsfusion, magnetischer Einschluß, Magnetfeldtopologien, magnetische Inseln, Tokamak-Prinzip, Stellarator-Prinzip, ‚reversed field pinch‘, Heizverfahren, magnetohydrodynamisches Gleichgewicht und Stabilität, Transportvorgänge und Turbulenz, Divertorkonzepte und Randschichtphysik, Verunreinigungen, Plasma-Wand-Wechselwirkung, Materialfragen, Kraftwerkskonzepte, Sicherheit, Strahlung, Sozio-ökonomische Betrachtungen

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: Einführung in die Plasmaphysik, Niedertemperatur- oder Fusions-Plasmaphysik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Fusionsplasmaphysik
2. Semester, SS

Literatur: K. Miyamoto: Plasma Physics and Nuclear Fusion, MIT Press, Cambridge
M. Kaufmann: Plasmaphysik und Fusionsforschung, Teubner
U. Schumacher: Fusionsforschung – eine Einführung, Wissenschaftliche Buchgesellschaft
R. J. Goldston, P. H. Rutherford: Introduction to Plasmaphysics, Institute of Physics Publishing

Teil-Modul **Plasmarandschichtphysik**

Dozent(inn)en: Profs. Klinger, Wagner

Modulziele: Einführung in die Plasmarandschichtphysik,
speziell für Fusionsplasmen

Modulinhalte:

Grundlegende Prozesse der Plasma-Wand-Wechselwirkung, Eigenschaften der Plasmarandschicht, Plasmarandschicht in Fusionsplasmen: Operationsszenarien, Charakterisierung des Detachments, Einfluss von Verunreinigungen, Bedeutung von Driften und Strömen

Lehrmethoden: Medienunterstützte Vorlesung und Übungen

Empf. Vorkenntnisse: Einführung in die Plasmaphysik, Niedertemperatur- oder Fusions-
Plasmaphysik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Fusionsplasmaphysik
2.Semester, SS

Literatur: P. C. Stangeby: The Plasma Boundary of Magnetic Fusion Devices, IOP, Bristol
Vorlesungsskript

Teil-Modul**Plasmawellen und Heizung****Dozent(inn)en:**

Prof. Klinger, Wagner, JunProf Grulke

Modulziele:

Einführung in den Formalismus zur Beschreibung von Wellen im Plasma
Herleitung und Eigenschaften der grundsätzlichen Wellentypen
Einführung in die Methoden der Wellenheizung und wichtige Beispiele

Modulinhalte:

Phasen- und Gruppengeschwindigkeit, Resonanz und cut-off, Dispersionrelation, dielektrischer Tensor, Stix-Parameter, Prinzipallösungen, CMA Diagramm, X- und O-Mode Heizung, R-Wellenheizung, Lower-Hybrid-Heizung

Lehrmethoden:

Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse:

Einführung in die Plasmaphysik, Niedertemperatur- oder Fusions-Plasmaphysik

Arbeitsaufwand:

1 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis:

2 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung:Vertiefungsfach Fusionsplasmaphysik
2. Semester, SS**Literatur:**

D. G. Swanson: Plasma Waves, Academic Press, Boston
T. H. Stix: Waves Plasmas, AIP Press, New York
R. O. Dendy: Plasma Dynamics, Oxford University Press

Modul Vertiefungsfach *Nano- und Grenzflächenphysik*

Modul-Verantwortliche: Profs. Helm Hippler

Teil-Module im 1. Semester (obligatorisch):

Atomare und molekulare Cluster

**Grundlagen der Nanophysik/Molekül-, Cluster- und
Nanopartikel-Wechselwirkung mit Oberflächen**

Teil-Module im 2. Semester

Obligatorisch:

Seminar

Praktikum

nach Wahl der Dozenten werden angeboten:

Molekulare Selbstorganisation

Ionenfallen/Massenspektrometrie

Nanostrukturierte Oberflächen und dünne Schichten

Analytik

Molekulare Biophysik

Teil-Modul **Atomare und molekulare Cluster**

Dozent(inn)en: Profs. Schweikhard, Hippler

Modulziele: Die Studierenden sollen sich mit

- Systematik der Cluster
- Clusterherstellung
- Eigenschaften von Clustern
- Anwendung von Clustern vertraut machen.

Modulinhalte:

Clustertypen, Besonderheiten wie z.B. Oberflächen-Volumenverhältnis; Bindungsarten; Erzeugungsmethoden, u.a. Sputtern, Edelgaskondensation, adiabatische Expansion, ...; Stabilität, magische Zahlen; Clustermodelle, geometrische und elektronische Strukturen; Eigenschaften und entsprechende experimentelle Untersuchungsmethoden wie z.B. zur Ionisation, Dissoziationskanäle/-energien/-wirkungsquerschnitte, Größenselektion; Photoelektronenspektroskopie; chemische Eigenschaften; magnetische Eigenschaften; Radiative Kühlung, „Clusterlampe“; spezielle Cluster: Fullerene Metcars, Edelgascluster, Metallcluster.

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Nano- und Grenzflächenphysik
1. Semester, WS

Literatur: A. Solov'yov, Andrey, J.-P. Connerade (Ed.): *In Test Advances in Atomic Cluster Collisions Fission, Fusion, Electron, Ion and Photon Impact*, World Scientific Publishing Co Inc
Eleanor E.B. Cambell: *The physics and chemistry of clusters*, World Scientific
K.-H. Meiwes-Broer: *Metal clusters at surfaces: structure, quantum properties, physical chemistry*, Springer

Teil-Modul **Grundlagen der Nanophysik/Molekül-, Cluster- und Nanopartikel-Wechselwirkung mit Oberflächen**

Dozent(inn)en: Profs. Helm, Hippler, Schweikhard

Modulziele: Erwerb umfangreicher Kenntnisse elementarer Prozesse auf Grenzflächen

Modulinhalte:

Einführung in elektronische und atomare Stoßprozesse, Ionisation, Anregung, Schwerteilchen-Stöße, Ladungsaustausch, Teilchen-Festkörper-Wechselwirkung, Elektronenemission, Adsorption und Desorption von Molekülen, Oberflächenzerstäubung, Oberflächenreaktionen, Oberflächenmodifizierung

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Nano- und Grenzflächenphysik
1. Semester, WS

Literatur: W. Eckstein: Computer Simulations of Ion-Solid Interactions, Springer
M. A. Nastasi: Ion-solid interactions: fundamentals and applications, Cambridge Univ. Press
Eleanor E.B. Cambell: The physics and chemistry of clusters, World Scientific
B.M. Smirnov: Cluster and small particles, Springer
K.-H. Meiwes-Broer: Metal clusters at surfaces: structure, quantum properties, physical chemistry, Springer
U. Kreibig: Optical properties of metal clusters, Springer
K. J. Klabunde: Free atoms, clusters, and nanoscale particles, Acad Press

Teil-Modul Molekulare Selbstorganisation

Dozent(inn)en: Profs. Helm, Schweikhard

Modulziele:

- Kräfte zwischen Atomen und Molekülen
- Kräfte zwischen Partikeln und Oberflächen
- Flüssige Strukturen und selbstorganisierende Systeme: Mizellen, Lipid-Doppelschichten und biologische Systeme

Modulinhalte:

Kovalente und elektrostatische Bindung, Wechselwirkung von polaren und polarisierbaren Molekülen, Intermolekulare Potentiale, Spezielle Wechselwirkungen: Wasserstoff-Brückenbindung, Hydrophobe Wechselwirkung.

Systeme im thermodynamischen und Phasenübergänge, Skalierung und Reichweite der Wechselwirkung in nano- und mesoskopischen Systemen, Benetzungsphänomene, osmotischer Druck, DLVO-Theorie, molekulare Ordnung in dünnen Schichten, Layering, hydrophobe Kräfte.

Natürliche und künstliche Polymere: Entropieeffekte an Oberflächen und in der Volumenphase. Thermodynamische Prinzipien der Selbstorganisation (chemisches Potential), Unterschiedliche Phasen (sphärische und zylindrische Mizellen, lamellare Phasen, Vesikel), Spezifische Wechselwirkungen (Schlüssel-Schloss-Bindung)

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Nano- und Grenzflächenphysik
1. Semester, WS

Literatur: J. N. Israelachvili: Intermolecular and Surface Forces, Academic Press
D. Fennel Evans, H. Wennerstrom: The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry, Biology and Technology meet, Wiley

Teil-Modul **Ionenfallen/Massenspektrometrie**

Dozent(inn)en: Prof. Schweikhard,

Modulziele: Die Studierenden sollen sich mit

- Ionenquellen
- Ionennachweismethoden
- ionenoptischen Techniken
- Anwendungen der Massenspektrometrie in Wissenschaft und Analytik

vertraut machen.

Modulinhalte:

Ionenerzeugung, z.B. Oberflächenionisation, nicht/Resonante Photoionisation Elektronenstossionisation, chemische Ionisation, Plasmaionenquellen, ECR, EBIS, SIMS, FAB, MALDI, Electrospray, PDMS, ILP MS; Spektromertypen: Magnetspektrometer (Aston, Nier, Mattauch-Herzog), Massenseparatoren Quadrupolmassenfilter/-spektrometer, Paulfalle, TOF (Reflektron, Multi-TOF), Penningfalle, FT-ICR MS, MS-MS, MSⁿ, hybride Massenspektrometer; Ionenstrahlmanipulation und -analyse: ionenoptische Linsen, Ablenker, Umlenker, switch yards, Scanner, Speicherringe; Simulationsprogramme für elektrische Potentiale, Magnetfelder und Teilchentrajektorien; Nachweis geladener Teilchen mittels Faradaybecher, Elektronenmultiplizier/MLP/Channeltron (Daly-Detektor), pick-up-Elektroden; Anwendungen, z.B. (bio-)chemische Analytik (einschließlich spezieller Methoden, z.B. ECD), Ionen-Molekül-Reaktionen, unimolekulare Zerfälle, Oberflächenanalytik, Plasmaanalytik, Isotopenanreicherung, Präzisionsmassenspektrometrie atomarer Systeme (in Ionenfallen und Speicherringen, Schottky-MS, isochroner Mode), Spurenanalytik (z.B. RIMS, AMS). Empfindlichkeit, Auflösungsvermögen, Präzision, Genauigkeit. Verwandte Gebiete wie Chromatographie und Ionenmobilitätsmessungen.

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Nano- und Grenzflächenphysik
1. Semester, SS

Literatur: P. K. Ghosh: Ion Traps, Clarendo Press, Oxford
F. G. Major, V. N. Gheorghe, G. Werth: Charged particle traps: The physics and Techniques of charged particle field confinement, Springer
R. E. March, J. F. Todd: Quadrupole Ion Trap Mass Spectrometry, Wiley

Teil-Modul**Analytik****Verantwortlicher:**

Vorsitzender des Prüfungsausschusses

Modulziele:

- Überblick über aktuelle Charakterisierungsmethoden der Physik von molekular dünnen Schichten und atomaren Partikeln

Modulinhalte:

Elastische Röntgen- und Neutronenreflektion, Mikroskopie mit verschiedenen Abbildungsverfahren, Ellipsometrie, Methoden mit Totalreflektion: GIXD, Brewster-Winkel-Mikroskopie, TIRF, Massenspektroskopie, Lichtstreuung, NMR, Raman-, Stokes- und Mößbauerspektroskopie, AFM, STM, EIMi (TEM, TED, EELS), XPS, Ionenstrahlanalytik, RBS, ERDA, Teilchenquellen, Plasma-Ätzen, Grenzflächendiagnostik, XPS, XRD, XRR, AFM, Ellipsometrie, Schichteigenschaften,

Lehrmethoden:

Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse:

B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand:

2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis:

3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung:Vertiefungsfach Nano- und Grenzflächenphysik
2. Semester, SS**Literatur:**

R. R. Hunter: Foundations of Colloid Science, Oxford Univ. Press
E. Hecht: Optik, Oldenbourg
J. Als-Nielsen, D. McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, Wiley
H.-J. Butt, K. Graf, M. Kappl: Physics and Chemistry of Interfaces, Wiley

Teil-Modul **Molekulare Biophysik**

Dozent(inn)en: Prof. Helm

Modulziele: - Funktionen der Zelle und ihre physikalische Realisierung
- Struktur und Funktion verschiedener Proteine

Modulinhalte:

Zellkern (DNA und Transkribierung der genetischen Information), Endoplasmatisches Retikulum (Synthese und Sezernierung molekularer Bausteine), Mitochondrien (Treibstoff der Zelle, reversible Konformationsänderungen von Proteinen bei der Biofunktionalität, Membranpotential), Lysosomen, Golgi-Apparat (Konditionierung der im ER synthetisierten Moleküle), Vesikel (physikalische und chemische Anbindung an die Membran sowie Ionen- und Molekültransport durch die Membran, Mechanische Eigenschaften der Membran und der Einfluß der Biopolymere). Zellverbände: Nervenleitung, Muskelbewegung (biologische Motoren)

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Nano- und Grenzflächenphysik
2. Semester, SS

Literatur: B. Alberts: Lehrbuch der Molekularen Zellbiologie, Wiley
P. Nelson: Biological Physics, W.H. Freeman & Company
J. N. Israelachvili: Intermolecular and Surfaces Forces, Akademik Press

Modul Vertiefungsfach *Many-Particle-Theory and Computational Physics*:

Modul-Verantwortliche: Profs. Fehske, Fesser

Teil-Module im 1. Semester (obligatorisch):

Vielteilchentheorie

Computational Many Particle Physics

Teil-Module im 2. Semester

Obligatorisch:

Seminar

Praktikum

nach Wahl der Dozenten werden angeboten:

Plasmatheorie

Festkörpertheorie

Statistische Modellierung

Moderne Anwendungen der Quantentheorie

Kritische Phänomene und Nichtlineare Dynamik

Teil- Modul: Vielteilchentheorie

Dozent(inn)en: Profs. Fehske, Fesser, Schlanges

Modulziel: Theoretische Konzepte zur Beschreibung von Vielteilcheneigenschaften

Modulinhalte: Grundprinzipien und Formalismus der Vielteilchentheorie, Quasiteilchenkonzept, Anregungen, kollektive Phänomene, Nichtgleichgewicht

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Vielteilchentheorie und Computational Physics
1. Sem., WS

Literatur: N. Ashcroft, D. Mermin: Solid State Physics, Harcourt
J. M. Ziman: Prinzipien der Festkörpertheorie, Deutsch
P. Fulde: Electron Correlations in Molecules and Solids, Springer
D. Kremp, M. Schlanges, W.-D. Kraeft: Quantum Statistics of Nonideal Plasmas, Springer
L. P. Kadanoff, G. Baym: Quantum Statistical Mechanics, Benjamin

Teil-Modul **Computational Many Particle Physics**

Dozent(inn)en: Profs. Fehske, JuProf. NN, PD Schneider
Modulziel: Kenntnis von Methoden zur Berechnung von Festkörpereigenschaften

Modulinhalte:

Simulation klassischer Vielteilchensysteme (Molekulardynamik, Particle-in-Cell, Monte-Carlo), wechselwirkende Quantensysteme (Hartree-Fock, Dichtefunktional, exakte Diagonalisierung, Dichtematrix-Renormierungsgruppe, Clustermethoden, Quanten-Monte-Carlo)
Elemente des Höchstleistungsrechnens

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Vielteilchentheorie und Computational Physics
1. Sem., WS

Literatur: H. Eschrig: Fundamentals of Density Functional Theory, Teubner
 M. Suzuki: Quantum Monte Carlo Methods in Condensed Matter Physics
 Y. Saad: Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems

Teil-Modul **Moderne Anwendungen der Quantentheorie**

Dozent(inn)en: Profs. Fehske, Fesser

Modulziel: Kenntnis von Konzepten und Anwendungen der Quantenfeldtheorie und Quanteninformatik

Modulinhalte:

Eichtheorie, Quantenfeldtheorie, Statistische Feldtheorie, (Propagatoren, Funktionalintegral, Renormierung), Quantenelektrodynamik, Licht-Materie-Wechselwirkung
Grundlagen der Quanteninformationstheorie, Quantenalgorithmen, Physikalische Realisierung von Quantencomputern

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Vielteilchentheorie und Computational Physics
2. Sem., SS

Literatur: J. N. Negele, H. Orland: Quantum Many – Particle Physics
E. Fradkin: Field theories of condensed matter systems
M.S. Nielsen, I.L. Chuang: Quantum Computation and Quantum Information

Teil-Modul	Plasmatheorie
Dozent(inn)en:	Prof. Schlanges, NN (IPP), JuProf. NN (IPP)
Modulziele:	Vertrautheit mit Problemen und Methoden der numerischen und analytischen Beschreibung von Dichten Plasmen und Fusionsplasmen
Modulinhalte:	Dielektrische und thermodynamische Eigenschaften dichter Plasmen, Atome im Plasma, Relaxations- und Transportprozesse, Theorie der Hochtemperaturplasmen, Toroidale Konfigurationen, Stellaratortheorie
Lehrmethoden:	Vorlesung
Empf. Vorkenntnisse:	B.Sc. Physik
Arbeitsaufwand:	2 SWS Vorlesung, Selbststudium
Leistungsnachweis:	3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung
Empfohlene Einordnung:	Vertiefungsfach Vielteilchentheorie und Computational Physics 2. Sem., SS
Literatur:	D. Kremp, M. Schlanges, W.-D. Kraeft: Quantum Statistics of Nonideal Plasmas, Springer K. Miyamoto, Plasma Physics for Nuclear Fusion, MIT Press

Teil-Modul**Festkörpertheorie****Dozent(inn)en:**

Profs. Fehske, Fesser

Modulziele:

Vertiefung der Kenntnisse in der Theorie Fester Körper

Modulinhalte:

Transport, Supraleitung, Quanten-Hall-Effekt, optische Eigenschaften, Polaronen, Exzitonen, Magnetismus

Lehrmethoden:

Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse:

B.Sc. Physik

Arbeitsaufwand:

2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis:

3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung:Vertiefungsfach Vielteilchentheorie und Computational Physics
2. Sem., SS**Literatur:**

G.D. Mahan, Many-Particle-Physics, Kluwer

A.A. Auaerbach, Interacting Electrons and Quantum Magnetism,
SpringerA. Tsvetik, Quantum Field Theory in Condensed Matter Physics,
Cambridge

M. Tinkham, Introduction to Superconductivity, McGraw_hill

Teil-Modul **Statistische Modellierung**

Dozent: PD Pompe

Modulziele: Grundkonzepte und deren physikalische Relevanz hinsichtlich der Themenkreise

- Zeitreihenanalyse
- Schätztheorie
- Informationstheorie
- statistische Modellierung

Modulinhalte:

- Charakteristiken von Zeitreihen (Periodogramm, Korrelation), Zufallsgrößen, statistische Abhängigkeiten, stochastischer Prozesse, Prädiktormodelle
- Zentraler Grenzwertsatz, Eigenschaften von Schätzern, allgemeine Schätzmethoden (Maximum Likelihood, Maximum Entropie), Spektralschätzer, Signifikanz- und Hypothesentests, nichtparametrische Dichteschätzung, Fehlerrechnung
- Informationsmaße, Elemente der Codierungstheorie, Entropie-Maße in der Physik
- Methoden der statistischen Modellierung: Bayesches Schließen, Minimum Description Length,
- Fehlerrechnung, Versuchsplanung

Lehrmethoden: Vorlesung

Empf. Vorkenntnisse: Grundkurse zur Mathematik und Theoretischen Physik (Mechanik)

Arbeitsaufwand: 2 SWS Vorlesung, Selbststudium

Leistungsnachweis: 3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach Vielteilchentheorie und Computational Physics
2. Sem., SS

Literatur: W. A. Stahel: Statistische Datenanalyse – Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Vieweg
K.-R. Koch: Einführung in Bayes-Statistik, Springer
R. J. Barlow: Statistics – A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences, Wiley

Teil-Modul AGP: **Praktikum im Vertiefungsfach**

Dozent(inn)en: Dozenten der Physik

Modulziele: Einführung in ausgewählte Methoden des Vertiefungsfachs

Modulinhalte:

Mitarbeit an Forschungsarbeiten einer Arbeitsgruppe, Erstellen einer schriftlichen Zusammenfassung der Ergebnisse

Lehrmethoden: Praktikum

Empf. Vorkenntnisse: B.Sc. Physik, Grundlagen des Vertiefungsfaches

Arbeitsaufwand: 6 SWS Präsenz am Arbeitsplatz, Selbststudium

Leistungsnachweis: Schriftliche Ausarbeitung, 9 LP

Empfohlene Einordnung: Vertiefungsfach, 2. Semester, SS

Literatur: Originalliteratur, je nach Vertiefungsfach und Arbeitsgruppe

Modul	Masterthesis
Verantwortlicher:	Vorsitzender des Prüfungsausschusses
Dozent(inn)en:	Dozenten der Physik
Teilmodul	Projektplanung
Modulziele:	Vorbereitung der Durchführung der Masterarbeit, Literaturübersicht
Teilmodul	Methoden
Modulziele:	Methodische Vorarbeiten zur Durchführung der Masterarbeit
Teilmodul	Masterarbeit
Modulziele:	Durchführung einer selbständigen Forschungsarbeit unter Anleitung
Modulinhalte:	Die Modulinhalte der Teilmodule sind definiert durch das Thema der Masterarbeit auf dem Gebiet des gewählten Vertiefungsfachs
Lehrmethoden:	Selbststudium
Empf. Vorkenntnisse:	B.Sc. Physik, Kenntnisse im Vertiefungsfach
Arbeitsaufwand:	10 SWS Selbststudium für die Teilmodule Projektplanung und Methoden, 20 SWS für das Teilmodul Masterarbeit
Leistungsnachweis:	Schriftliche Masterarbeit, Verteidigung, insgesamt 40 LP
Empfohlene Einordnung:	Vertiefungsfach, 3. und 4. Semester, WS und SS