

# **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****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](http://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, MS<sup>n</sup>, 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

<b>Teil-Modul</b>	<b>Plasmatheorie</b>
<b>Dozent(inn)en:</b>	Prof. Schlanges, NN (IPP), JuProf. NN (IPP)
<b>Modulziele:</b>	Vertrautheit mit Problemen und Methoden der numerischen und analytischen Beschreibung von Dichten Plasmen und Fusionsplasmen
<b>Modulinhalte:</b>	Dielektrische und thermodynamische Eigenschaften dichter Plasmen, Atome im Plasma, Relaxations- und Transportprozesse, Theorie der Hochtemperaturplasmen, Toroidale Konfigurationen, Stellaratortheorie
<b>Lehrmethoden:</b>	Vorlesung
<b>Empf. Vorkenntnisse:</b>	B.Sc. Physik
<b>Arbeitsaufwand:</b>	2 SWS Vorlesung, Selbststudium
<b>Leistungsnachweis:</b>	3 LP, mdl. Prüfung im Rahmen der Modulprüfung
<b>Empfohlene Einordnung:</b>	Vertiefungsfach Vielteilchentheorie und Computational Physics 2. Sem., SS
<b>Literatur:</b>	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,  
Springer  
A. Tsvelik, 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

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