

Module im Masterstudiengang Physik

Modul: Halbleiterphysik	2
Modul: Biophysik II – Biomolekulare Spektroskopie und Dynamik	4
Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II	5
Modul: Oberflächenphysik	6
Modul: Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen	7
Modul: Introduction into quantum optics and quantum communication	8
Modul: Grundlagen der Nanotechnologie II	9
Modul: Phasenübergänge – Konzepte und Experimente	10
Modul: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne	11
Modul: Astroteilchenphysik II – Gamma-Strahlung	12
Modul: Moderne Methoden der Datenanalyse	13
Modul: Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik	14
Modul: Teilchenphysik II - W, Z, Top am Collider	15
Modul: Teilchenphysik II - Jet-Physik	16
Modul: Teilchenphysik II - Higgs-Physik	17
Modul: Theoretical Optics	18
Modul: Simulation nanoskaliger Systeme	19
Modul: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie	20
Modul: Feldtheorie der Kondensierten Materie, Renormierungsgruppe und Quantenkritikalität	21
Modul: Physik der Quanteninformation	22
Modul: Computational Physics	23
Modul: Einführung in die Flavourphysik	24
Modul: Theoretische Teilchenphysik I	25
Modul: Higgs-Phänomenologie	26
Modul: Materialphysik	27
Modul: Beschleunigerphysik I: Teilchenbeschleuniger	28
Modul: Modern X-ray Physics III: Optical Coherence in Microscopy, Tomography and Diffraction	29
Modul: Pulverdiffraktometrie	30
Modul: Kristallstrukturbestimmung	31

Modul: Halbleiterphysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4020111

Modulverantwortliche: Kalt

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Kondensierte Materie, Nano-Physik

Leistungspunkte: 10

Semesterwochenstunden: 5

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4020111 Vorlesung 4 SWS; Kalt

4020112 Übung 1 SWS; Kalt; Übungen zu Halbleiterphysik

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Die Studierenden

- können Details der Halbleiterbandstruktur und der Ladungsträgerstatistik beschreiben und erklären
- verstehen die Bedeutung von zeitlicher bzw. räumlicher Inhomogenität als Antrieb für dynamische Prozesse im Halbleiter
- beherrschen die phänomenologische und theoretische Beschreibung von Halbleiterübergängen
- können an Hand der gelernten Grundlagen das Verhalten von Halbleiter-bauelementen beschreiben und kennen deren typische Anwendungen
- sind vertraut mit den wesentlichen Verfahren der Halbleiter-Technologie
- machen sich im Rahmen der Übungen mit einem speziellen Thema aus den Gebieten Anwendungen und Technologie vertraut, stellen dies in einem Kurzvortrag dar und vertiefen damit die Kenntnisse aller Teilnehmer über Halbleiterbauelemente

Inhalt:

I. Grundlegende Eigenschaften von Halbleitern (Materialklassen, Bandstruktur, k-p-Theorie, Statistik, Boltzmann-Gleichgewicht)

II. Nichtgleichgewichtsprozesse in Halbleitern (Boltzmann-Gleichung, Generation und Rekombination, Transportphänomene)

III. Halbleiterübergänge im thermodynamischen Gleichgewicht (pn-Übergang, Heteroübergänge, niederdimensionale Halbleiter, Schottky-Kontakt, ohmscher Kontakt, Isolator-Halbleiter-Übergang)

IV. Halbleiterübergänge im Nichtgleichgewicht/ Bauelemente (Diode, Photodiode, Solarzelle, LED, Diodenlaser, Mikrowellenbauelemente, bipolarer Transistor, Feldeffekttransistor, CCD, Speicherbauelemente, ...)

V. Halbleiter-Technologie (Epitaxie, Dotierung, Strukturierung, Integration)

Literatur:

R. Enderlein, N. Horing: *Fundamentals of Semiconductor Physics and Devices*

F. Thuselt: *Physik der Halbleiterbauelemente*

K. Brennan: *The Physics of Semiconductors*

P.Y. Yu, M. Cardona: *Fundamentals of Semiconductors*

M. Grundmann: *The Physics of Semiconductors*

S.M. Sze, K.K. Ng: *Physics of Semiconductor Devices*

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von Kurzvorträgen im Rahmen der Vorlesung/Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Biophysik II – Biomolekulare Spektroskopie und Dynamik

Lehrveranstaltungsnummer: 4020121

Modulverantwortliche: Nienhaus

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Nano-Physik, Optik und Photonik

Leistungspunkte: 12

Semesterwochenstunden: 6

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4020121 Vorlesung 4 SWS; Nienhaus

4020122 Übung 2 SWS; Nienhaus, N.N., Übungen zu Biophysik II

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagen der Quantenmechanik, Thermodynamik und der Festkörperphysik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Die Studierenden

- können den grundlegenden Aufbau der Biomaterie beschreiben und sind mit den strukturellen, dynamischen und energetischen Eigenschaften vertraut.
- verstehen die physikalischen Prinzipien der biomolekularen Spektroskopie und können die Anwendung der verschiedenen Methoden auf die Untersuchung biomolekularer Prozesse einschätzen.
- sind mit den grundlegenden Ansätzen der Relaxations- und Fluktuationsspektroskopie vertraut.
- verstehen die physikalischen Grundlagen der Wechselwirkungen, die für molekulare Funktionsprozesse essentiell sind (chemische Bindung, Elektronentransfer, Energietransfer) sowie die Parameter, die die Übergangsraten bestimmen.
- eignen sich vertiefte Kenntnisse im Rahmen der Übungen durch Lösung von Übungsaufgaben an. Sie präsentieren Ihre Ergebnisse und entwickeln so ihre Fähigkeiten weiter, die erworbenen Kenntnisse mit den anderen Studierenden zu teilen.

Inhalt:

Nach einer kurzen Einführung in die Struktur, Dynamik und Energetik der Biomoleküle werden lichtoptische spektroskopische Methoden (u.a. optische Absorption und Fluoreszenz, Infrarot- und Ramanspektroskopie) eingeführt, mit denen sich biomolekulare Strukturen und deren Änderungen als Funktion der Zeit beobachten lassen. Lichtmikroskopische Verfahrenen, insbesondere mit Höchstauflösung, werden ebenfalls behandelt. Anschließend werden die physikalischen Prinzipien diskutiert, auf denen wichtige biomolekulare Prozesse (Ligandenbindung, Energie- und Elektronentransfer bei der Photosynthese) beruhen.

Literatur:

G. U. Nienhaus: Skripten zur Vorlesung Biophysik II

E. Sackmann & R. Merkel: Lehrbuch der Biophysik

C. Cantor & P. Schimmel: Biophysical Chemistry

I. N. Serdyuk, N. R. Zaccai & J. Zaccai: Methods in Molecular Biophysics

Leistungsnachweis:

Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

Mündliche Prüfung bei Kombination mit anderen Veranstaltungen zu einem Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungsfach- oder Nebenfach.

Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II

Lehrveranstaltungsnummer: 4021111

Modulverantwortliche: Ustinov, Weides

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Kondensierte Materie, Supraleitung

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4021111 Vorlesung 2 SWS; Ustinov, Weides

4021112 Übung 1 SWS; Ustinov, Weides

Übungen zu Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Vertiefung in einem Gebiet der Kondensierte Materie, Supraleitung.

Inhalt:

Grundlagen der Supraleitung: thermodynamics, electrodynamics, flux quantization, Ginzburg-Landau theory, BCS theory, vortices, tunnel junctions, SQUIDS, long junctions, superconducting electronics, superconducting quantum bits.

Literatur:

V.V. Schmidt, "The Physics of Superconductors: Introduction to Fundamentals and Applications", Springer (1997), ISBN 978-3540612438

M. Tinkham, „Introduction to Superconductivity: Vol I“, Dover Pubn (2004), ISBN: 978-0486435039

W. Buckel und R. Kleiner, „Supraleitung: Grundlagen und Anwendungen“, Wiley-VCH (2004), ISBN: 978-3527403486

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Regelmäßige Teilnahme an den Übungen, Vorbereitung der Übungsaufgaben
Vorrechnen in der Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Oberflächenphysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4021121

Modulverantwortliche: Wulf Wulfhekel

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Kondensierte Materie, Nano-Physik

Leistungspunkte: 10

Semesterwochenstunden: 5

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4021121 Vorlesung 4 SWS; W. Wulfhekel

4021122 Übung 1 SWS; W. Wulfhekel, T. Balashov

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Oberflächenphysik eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen sowie die Konzepte und Messmethoden der Oberflächenphysik verstehen und anwenden lernen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme der Oberflächenphysik in Gruppen lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

Inhalt:

In der Vorlesung Oberflächenphysik wird die Festkörperphysik an Oberflächen und Grenzflächen sowie die physikalische Chemie an Oberflächen besprochen. Beginnen mit der zweidimensionalen Raumgruppe wird die Struktur von Oberflächen besprochen sowie Effekte, die durch die Symmetriebrechung an Ober- und Grenzflächen entstehen. Weiterhin wird das Schichtwachstum und die Modifikation des Schichtwachstums mittels verschiedener Techniken behandelt. Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigt sich mit der elektronischen Struktur von zweidimensionalen Systemen und Nanostrukturen sowie den experimentellen Techniken der Oberflächenphysik.

Literatur:

H. Ibach, Physics of Surfaces and Interfaces, Springer

Leistungsnachweis:

Vorrechnen der Übungsblätter in der Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen

Lehrveranstaltungsnummer: 4021131

Modulverantwortliche: Hoffmann-Vogel, Beckmann

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Nano-Physik

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4021131 Vorlesung 3 SWS; Hoffmann-Vogel, Beckmann

4021132 Übung 1 SWS; Hoffmann-Vogel, Beckmann

Lernziele:

Vertiefung in einem Gebiet der Nano-Physik.

Inhalt:

Elektronische Eigenschaften III, kann gut mit EE I und II kombiniert werden.

Voraussetzung: Festkörperphysik

1. Was ist „Nano“ und warum finden wir das interessant?
2. Herstellung von Nanokontakten, Nanodrähten und dünnen Schichten
3. Unterbrochene Nanokontakte, Einzelelektroneneffekte
4. Quantentransport in verbundenen Nanokontakten
5. Eindimensionale Strukturen, Kohlenstoff-Nanoröhrchen
6. Zweidimensionale Strukturen, Quanten-Hall-Effekt, Graphen

Literatur:

Th. Heinzel, Mesoscopic Electronics in Solid State Nanostructures, Wiley 2007

J.C. Cuevas, E. Scheer, Molecular Electronics, World Scientific 2010

Leistungsnachweis:

voraussichtlich Einzelprüfung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Introduction into quantum optics and quantum communication

Lehrveranstaltungsnummer: 4021141

Modulverantwortliche: Ustinov, Bushev

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Optik, Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: SS/WS

Lehr- und Lernformen:

4021141 Vorlesung 2 SWS; Ustinov, Bushev

4021142 Übung 2 SWS; Bushev, Probst

Exercises to Introduction into quantum optics and quantum communication

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Optik, Elektrodynamik, Kondensierte Materie und Quantenmechanik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Vertiefung in einem Gebiet der Optik, Elektrodynamik, Kondensierte Materie und Quanten Mechanik.

Inhalt:

1. Quantum properties of light
2. Mind boggling experiments with single photons
3. Trapping, cooling and detection of single atoms
4. Precision spectroscopy and frequency comb
5. Quantum opto-mechanics and hybrid systems
6. Quantum teleportation
7. Quantum communication

Literatur:

- M. Fox "Quantum optics: an introduction"
- F. Riehle "Frequency standards: basics and applications"
- R. Loudon „The quantum theory of light“
- M. O. Scully and M. S. Zubairy "Quantum optics"
- C. Foot "Atomic physics"

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

einer Mündlicher Prüfung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Grundlagen der Nanotechnologie II

Lehrveranstaltungsnummer: 4021151

Modulverantwortliche: Goll

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Nano-Physik

Leistungspunkte: 4

Semesterwochenstunden: 2

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4021151 Vorlesung 2 SWS; Goll

Lernziele:

Vertiefung in einem Gebiet der Nano-Physik.

Inhalt:

Einführung in zentrale Gebiete der Nanotechnologie; Vermittlung der konzeptionellen, theoretischen und insbesondere methodischen Grundlagen; Anwendungen und aktuelle Entwicklungen u.a. aus den Bereichen

Nanomechanik und Nanotribologie

Nanooptik

Nanoelektronik

Nanomagnetismus

Die Vorlesung „Grundlagen der Nanotechnologie I“ behandelt im Wintersemester Methoden der Abbildung, Charakterisierung und der Herstellung von Nanostrukturen.

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

einer Klausur oder Kurzvorträgen im Rahmen der Vorlesung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Phasenübergänge – Konzepte und Experimente

Lehrveranstaltungsnummer: 4021161

Modulverantwortliche: Veronika Fritsch, Hilbert v. Löhneysen

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er: Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 4

Semesterwochenstunden: 2

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4021161 Vorlesung 2 SWS; Veronika Fritsch, Hilbert v. Löhneysen

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Die Studierenden sollen die Konzepte zur Beschreibung von Phasenübergängen kennen lernen, sowie die Experimente, auf Basis derer diese Konzepte erstellt bzw. verifiziert wurden.

Inhalt:

- Grundbegriffe, Klassifizierung von Phasenübergängen, Ehrenfest-Relationen, Ordnungsparameter
- Landau-Theorie, Molekularfeldnäherung
- Statisches kritisches Verhalten, Universalität und Skalengesetze
- Multikritisches Verhalten
- Dynamisches kritisches Verhalten, Grundzüge der Theorie der Renormierungsgruppe
- Quantenphasenübergänge

Literatur:

- W. Gebhardt, U. Krey, Phasenübergänge und kritische Phänomene
- S.-K. Ma, Modern Theory of Critical Phenomena (Frontiers in physics, ed. by D. Pines)
- P. M. Chaikin, T. C. Lubensky, Principles of condensed matter physics
- J.J. Binney, N. J. Dowrick, A. J. Fisher, M. E. J. Newman, The theory of critical phenomena

Leistungsnachweis:

voraussichtlich Teilnahme an der Vorlesung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne

Lehrveranstaltungsnummer: 4022111

Modulverantwortliche: Drexlin

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Experimentelle Astroteilchenphysik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: SS/WS

Lehr- und Lernformen:

4022111 Vorlesung 2 SWS; Drexlin

4022112 Übung 1 SWS; Drexlin, Wolf

Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: wird Experimentelle Astroteilchenphysik als Schwerpunktfach gewählt, muss auch die Vorlesung Astroteilchenphysik I oder Kosmologie belegt werden. Die Vorlesung ATP II – Teilchen und Sterne ist komplementär zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung, Gamma-strahlung).

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie von experimenteller Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

Lernziele:

- Methodenkompetenzerwerb: Vertiefung in zwei Schlüsselgebieten der experimentellen Astroteilchenphysik: stellare Astrophysik und Neutrino-physik Erkenntnis der Querverbindungen zur Elementarteilchenphysik und Kosmologie

Inhalt:

Die Vorlesung gibt, aufbauend auf den einführenden Vorlesungen Astroteilchen-physik I oder Kosmologie, einen vertieften Einblick in zwei Schlüsselgebiete der modernen experimentellen Astroteilchenphysik.

Im ersten Gebiet wird ein umfassender Einblick in die Grundlagen der experimentellen Neutrino-physik gegeben. Der Schwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Neutrino-Eigenschaften. Die behandelten Themengebiete umfassen eine Einführung in das Phänomen der Neutrino-Oszillationen einschließlich aktueller Resultate von solaren & atmosphärischen Neutrinos, sowie von Reaktor- und Beschleuniger-Neutrino-Experimenten. Darüber hinaus wird ein Schwerpunkt gelegt auf die direkte Neutrinomassenbestimmung und die Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall.

Im zweiten Teil der Vorlesung wird eine Einführung gegeben in das Gebiet der stellaren Astrophysik mit dem Schwerpunkt auf späte Sternphasen mit degenerierter Materie (weiße Zwerge und Neutronensterne) als Vorläufer von Supernova-Explosionen (thermonukleare und Kernkollaps-SNae). Abschließend werden Methoden der ATP zum Nachweis dieser Prozesse mit Neutrinodetektoren und Gravitationswellen-Observatorien diskutiert.

Die Vorlesung legt einen Schwerpunkt auf eine eingehende Darstellung von grundlegenden physikalischen Prozessen und experimentellen Methoden der Astroteilchenphysik.

Literatur:

Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press)

Kai Zuber, Neutrino physics (Routledge Chapman & Hall), 2nd Edition

H.V. Klapdor-Kleingrothaus & Kai Zuber, Teilchenastrophysik (Teubner)

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen (u.a. Vorrechnen)

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Astroteilchenphysik II – Gamma-Strahlung

Lehrveranstaltungsnummer: 4022131

Modulverantwortliche: Blümer, Engel

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Experimentelle Astroteilchenphysik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4022131 Vorlesung 2 SWS; Blümer, Engel

4022132 Übung 1 SWS; Unger

Astroteilchenphysik II – Gamma-Strahlung

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: wird Experimentelle Astroteilchenphysik als Schwerpunktfach gewählt, muss auch die Vorlesung Astroteilchenphysik I oder Kosmologie belegt werden. Die Vorlesung ATP II – Gamma-Strahlung ist komplementär zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung, Teilchen und Sterne).

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie von experimenteller Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul verfügt der/die Studierende über ein vertieftes Fach- und Überblickswissen auf dem Feld der hochenergetischen Astroteilchenphysik mit Schwerpunkt Gamma-Astronomie und beherrscht die Methoden des Erkenntnisgewinns der modernen Astrophysik und deren exemplarische Anwendung.

Inhalt:

Es werden die Grundlagen der Astroteilchenphysik mit hochenergetischen Teilchen besprochen, wobei der Schwerpunkt auf der Anwendung der Gamma-Astronomie zur Untersuchung astrophysikalischer Objekte liegt.

Ausgehend von der Beschleunigung geladener Teilchen werden in der ersten Hälfte der Vorlesungsreihe die wichtigsten Entstehungsprozesse von Gamma-Strahlung eingeführt, die Ausbreitung hochenergetischer Gamma-Strahlung diskutiert und Methoden zum Nachweis der Gamma-Strahlung auf der Erde und im Weltall vorgestellt.

In der zweiten Hälfte der Vorlesungsreihe werden die folgenden astrophysikalischen Objekte und deren Abbild in Gamma-Strahlen besprochen: Supernova-Explosionen und -überreste, Neutronensterne und Pulsare, Schwarze Löcher und Aktive Galaktische Kerne, und Gamma-Blitze.

Der Kurs wird abgerundet durch eine Diskussion der Suche nach zusätzlichen Dimensionen, Verletzung der Lorentz-Invarianz und exotischen Phänomenen mit Gamma-Strahlung.

Zusammen mit dem Kurs „Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung“, welcher im WS angeboten wird, ergibt sich ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen in unserem Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind komplementär angelegt und können unabhängig gehört werden, ergänzen sich aber in geeigneter Weise.

Literatur:

T.K. Gaisser: Cosmic Rays and Particle Physics (Cambridge)

T. Stanev: High Energy Cosmic Rays (Springer, 2nd Ed.)

F. Melia: High-Energy Astrophysics (Princeton)

C.D. Dermer, G. Menon: High Energy Radiation from Black Holes (Princeton)

Leistungsnachweis:

Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen (u.a. Vorrechnen, 50% der Punkte)

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Moderne Methoden der Datenanalyse

Lehrveranstaltungsnummer: 4022141

Modulverantwortliche: Husemann, Ulrich

Einordnung in Studiengang: Master Physik,

Nebenfach oder Teil eines Schwerpunkts- bzw. Ergänzungsfachs im Bereich Experimentelle Astroteilchenphysik oder Experimentelle Teilchenphysik

Leistungspunkte: 6 oder 8 (*Dies gilt nur für Physiker, dort ergeben sich 8 Leistungspunkte aus 2+2 SWS für Vorlesung und Computerpraktikum und 6 Leistungspunkte aus Vorlesung und reduziertem Aufwand im Computerpraktikum. Falls die Veranstaltung von Studierenden anderer Studiengänge gebucht wird, können sich andere Leistungspunkte ergeben.*)

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4022141 Vorlesung 2 SWS; Husemann, Ulrich

4022142 Praktikum 2 SWS; Husemann, Lobelle

Moderne Methoden der Datenanalyse: Computerpraktikum

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der statistischen Datenanalyse, wie sie z. B. in der Bachelorvorlesung Rechnernutzung in der Physik vermittelt werden, sind wünschenswert.

Lernziele:

Die Studierenden können Grundlagen der statistischen Datenanalyse formulieren, moderne Methoden der Datenanalyse auf physikalische Probleme anwenden und Werkzeuge zur Datenanalyse nutzen und weiterentwickeln. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, statistische Verfahren in Wissenschaft und Gesellschaft zu hinterfragen und zu bewerten.

Inhalt:

Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Monte-Carlo-Methoden, Parameterschätzung, numerische Optimierung, Faltung und Entfaltung, Hypothesentests, Vertrauensintervalle, multivariate Klassifizierung.

Literatur:

G. Cowan: Statistical Data Analysis, Oxford University Press

G. Bohm, G. Zech: [Einführung in Statistik und Messwertanalyse für Physiker](#), DESY eBook

V. Blobel, E. Lohrmann: [Statistische und numerische Methoden der Datenanalyse](#), DESY eBook

R. J. Barlow: Statistics: A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences, Wiley

S. Brandt: Datenanalyse, Spektrum

W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Fannery: [Numerical Recipes](#), Cambridge University Press

T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman: [The Elements of Statistical Learning](#), Springer

Leistungsnachweis:

Bearbeitung der Computerübungen und Vorführung der Lösungen

Kurzvorträge im Rahmen der Übungen

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4022151

Modulverantwortliche: Drexlin, Bornschein

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Leistungspunkte: 6 oder 8 (wenn Teilnahme an Blockpraktikum)

Semesterwochenstunden: 3 oder 4

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4022151 Vorlesung 2 SWS; Drexlin, Bornschein

4022152 Übung 1 SWS; Drexlin, Bornschein, Priester

Blockpraktikum 1 SWS; Drexlin, Bornschein, Beate; Priester, Florian

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse in experimentellen Methoden

Lernziele:

- Methodenkompetenzerwerb: Methodisches Vorgehen bei der Auswahl der Messverfahren und bei der Berechnung der Messunsicherheit.
- Kommunikationskompetenzerwerb: Verbesserte Kommunikation zwischen Ingenieuren und Physikern

Inhalt:

Die Vorlesung soll helfen, den Einstieg in die experimentelle Welt zu erleichtern. Das Ziel der Vorlesung ist es, übliche Messmethoden zu erläutern und in Beispielen das erlernte Wissen auf praktische Messaufgaben anzuwenden. Im Vordergrund steht hier das methodische Vorgehen bei der Auswahl des Messverfahrens inklusive der anzuwendenden Messunsicherheitsbetrachtung. Darüber hinaus soll die Vorlesung einen Beitrag zu einer besseren Kommunikation zwischen Ingenieuren und Physikern führen (der Ingenieur spricht z.B. vom Messunsicherheitsbudget nach GUM und der Physiker fragt sich, was das soll) und damit die Integration der jungen Nachwuchskräfte in die für das KIT so typischen gemischten Teams aus Technikern, Ingenieuren und Physikern fördern. Im Detail werden u.a. folgende Themen behandelt: Messgeräte und ihre Genauigkeitsklassen, Berechnung von Messunsicherheiten nach GUM und Bestimmung eines Vertrauensbereiches, Methoden der (Tief-) Temperaturmessung, Einführung in die Vakuumtechnik inkl.

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen (u.a. Vorrechnen)

Erfolgreiche Teilnahme am Blockpraktikum

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Teilchenphysik II - W, Z, Top am Collider

Lehrveranstaltungsnummer: 4022161

Modulverantwortliche: Husemann

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Teil eines Schwerpunkts- bzw. Ergänzungsfachs im Bereich Experimentelle Teilchenphysik.

Leistungspunkte: 6 *(Dies gilt nur für Physiker, dort ergeben sich 6 Leistungspunkte aus 2+1 SWS für Vorlesung und Übung. Falls die Veranstaltung von Studierenden anderer Studiengänge gebucht wird, können sich andere Leistungspunkte ergeben.)*

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4022161 Vorlesung 2 SWS; Husemann

4022162 Übung 1 SWS; Husemann, N. N., Übungen zu Teilchenphysik II - W, Z, Top am Collider

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Kenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang sowie der Vorlesung Teilchenphysik I im Masterstudiengang.

Lernziele:

Die Studierenden können die theoretischen und experimentellen Grundlagen der W-, Z- und Top-Physik sowie die wichtigsten Messungen an Collidern darstellen und vertiefen somit ihre Kenntnisse in der experimentellen Teilchenphysik in einem Spezialgebiet. Die Studierenden können Originalveröffentlichungen der Teilchenphysik auffinden und analysieren und moderne Techniken der Datenanalyse und Simulation auf die W-, Z- und Top-Physik anwenden.

Inhalt:

W- und Z-Physik: historische Einführung, Produktion und Zerfall, Eigenschaften (Masse, Zerfallsbreite, Kopplungen), Messungen an Lepton- und Hadron-Collidern, Paare von Vektorbosonen, trilineare Kopplungen, Suche nach W' und Z' .

Top-Physik: historische Einführung, Produktion und Zerfall von Top-Paaren und einzelnen Top-Quarks, Eigenschaften (z. B. Masse, Kopplungen), Verbindung zwischen Top- und Higgs-Physik, Suche nach Neuer Physik mit Top-Quarks, aktuelle Messungen an Hadron-Collidern, moderne Simulationsprogramme und Analysetechniken.

Literatur:

V. D. Barger, R. J. N. Phillips: Collider Physics, Westview Press (1996).

J. M. Campbell, J. W. Huston, W. J. Stirling, Hard interactions of quarks and gluons: a primer for LHC physics, Rep. Prog. Phys. **70** (2007) 89.

T. Plehn: Lectures on LHC Physics, Springer (2012), arXiv:0910.4182 [hep-ph].

ALEPH, DELPHI, L3, OPAL, SLD: Precision Electroweak measurements on the Z Resonance, Phys. Rept. **427** (2006) 257.

ALEPH, DELPHI, L3, OPAL: Electroweak Measurements in Electron-Positron Collisions at W-Boson-Pair Energies at LEP, arXiv:1302.3415 [hep-ex].

W. Bernreuther: Top Quark Physics at the LHC, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **35** (2008) 083001.

J. Incandela, A. Quadt, W. Wagner, D. Wicke: Status and Prospects of Top-Quark Physics, Progress in Particle and Nuclear Physics **63** (2009) 239.

F.-P. Schilling: Top Quark Physics at the LHC: A Review of the First Two Years, Int. J. Mod. Phys. **A27** (2012) 1230016.

Mehrere Habilitationsschriften: W. Wagner (Karlsruhe 2005), A. Quadt (Bonn 2006), F. Fiedler (München 2007), M.-A. Pleier (Bonn 2008), D. Wicke (Wuppertal 2009).

Leistungsnachweis:

Bearbeitung der Computerübungen und Vorführung der Lösungen

Kurzvorträge im Rahmen der Übungen

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

Modul: Teilchenphysik II - Jet-Physik

Lehrveranstaltungsnummer: 4022171

Modulverantwortliche: Quast, Rabbertz, Gieseke

Einordnung in Studiengang: Master Physik

Themenfeld/er: Experimentelle und theoretische Teilchenphysik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4022171 Vorlesung 2 SWS; Quast, Rabbertz, Gieseke

4022172 Übung 1 SWS; Rabbertz, Gieseke

Übungen zu Teilchenphysik II - Jet-Physik

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: Wird zusammen mit Teilchenphysik I als Schwerpunkt- bzw. Ergänzungsfach geprüft.

Empfehlungen: Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen *Moderne Experimentalphysik III*, *Moderne Theoretische Physik II* und *Rechnernutzung in der Physik* aus dem Bachelor-Studium und *Teilchenphysik I* aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Vertiefung der Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Teilchenphysik, Gewinnung von Einblicken in den aktuellen Stand der Forschung, Kenntnis der aktueller theoretischen Konzepte und der experimentellen Techniken. Lösung einfacher Probleme in schriftlicher Form oder in praktischen Übungen am Computer, Erwerb von Kenntnissen typischer Computer-basierter Methoden zur Simulation teilchenphysikalischer Prozesse und zur Datenanalyse, Arbeit mit Primärliteratur.

Inhalt:

Quantenchromodynamik, Jetalgorithmen, Jet-Energie-Kalibration, Berechnung und Messung von Jet-Wirkungsquerschnitten, experimentelle und theoretische Korrekturen und Unsicherheiten, Bestimmung der starken Wechselwirkungskonstanten, Partonverteilungsfunktionen, kollineare und weiche Emissionen von Teilchen, Simulationen von Jets mit Partonschauerprogrammen, Hadronisierungsmodelle

Literatur:

R.K. Ellis, W.J. Stirling, B.R. Webber, "QCD and Collider Physics", Cambridge, 1996.

G. Dissertori, I.G. Knowles, M. Schmeling, "Quantum Chromodynamics", Oxford, 2002.

R. Cahn, G. Goldhaber, "The Experimental Foundations of Particle Physics", Cambridge, 2009.

Particle Data Group, "The Review of Particle Physics", J.Phys. G37, 075021 (2010).

G. Salam, "Towards Jetography", arXiv:0906.1833, 2009.

sowie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen und Reviews.

Leistungsnachweis:

Vorrechnen der Übungsblätter in der Übung, Vorführung der erarbeiteten Lösungen zu den Computer-basierten Problemstellungen

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Teilchenphysik II - Higgs-Physik

Lehrveranstaltungsnummer: 4022181

Modulverantwortlicher: Quast

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Bereich Teilchenphysik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4022181 Vorlesung 2 SWS; Quast, Raspereza

4022182 Übung 1 SWS; Quast, Held, Wolf

Übungen zu Teilchenphysik II - Higgs-Physik

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: Wird zusammen mit Teilchenphysik I als Schwerpunkt- bzw. Ergänzungsfach geprüft.

Empfehlungen: Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen *Moderne Experimentalphysik III*, *Moderne Theoretischen Physik II* und *Rechnernutzung in der Physik* aus dem Bachelor-Studium und *Teilchenphysik I* aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

Lernziele: Vertiefung der Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Teilchenphysik, Heranführen an den aktuellen Stand der Forschung, Kenntnis der relevanten theoretischen Konzepte und der experimentellen Techniken; Lösung einfacher Probleme in schriftlicher Form oder in praktischen Übungen am Computer, Erwerb von Kenntnissen typischer Computer-basierter Methoden zur Simulation teilchenphysikalischer Prozesse und Datenanalyse, Teamarbeit, Arbeit mit Primärliteratur, Verbesserung der Präsentationstechnik.

Inhalt:

Higgs-Sektor des Standardmodells der Teilchenphysik, Berechnung von Produktionsprozessen, Experimentelle Techniken und Methoden der statistischen Datenanalyse, historische Entwicklung und wichtige Experimente, experimentelle und theoretische Einschränkungen an die Eigenschaften des Higgs-Bosons, gegenwärtiger Kenntnisstand und Ausblick auf zukünftige Experimente.

Literatur:

Pov, Rith, Teilchen und Kerne (Springer)

Halzen, Martin, Quarks & Leptons (Wiley)

Aktuelle Veröffentlichungen und Reviews (s. Webseite der Vorlesung)

Leistungsnachweis:

in Form von:

Übungsblättern, Computer-Übungen und

Kurzvorträgen im Rahmen der Vorlesung/Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Theoretical Optics

Lehrveranstaltungsnummer: 4023111

Modulverantwortliche: Schmalian, Narozhny

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er: Optik und Photonik

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4023111 Vorlesung 2 SWS; Schmalian, Narozhny

4023112 Übung 1 SWS; Narozhny, Kotetes

Exercises to Theoretical Optics

Lernziele:

Understanding of the theoretical basis and physical content of the classical Maxwell equations and the quantum description of light, ability to formulate and discuss optical properties in mathematical form; to utilize advanced mathematical tools for the quantitative description of wave propagation in various settings such as anisotropic materials and diffractive systems; to quantify and utilize basic phenomena of coherence and classical wave propagation in basic devices and systems; to appreciate the limitations of the classical description of light and the novel phenomena associated with systems for which a quantum description is required; to quantitatively analyze simple quantum optical devices

Inhalt:

1. Review of Electromagnetism (Maxwell's Equations, Kramers-Kronig Relation, Wave Propagation)
2. Crystal Optics (Polarization, Anisotropic Media, Fresnel Equation, Applications).
3. Diffraction Theory (The Principles of Huygens and Fresnel, Scalar Diffraction Theory: Green's Function, Helmholtz-Kirchhoff Theorem, Kirchhoff Formulation of Diffraction, Fresnel-Kirchhoff Diffraction Formula, Rayleigh-Sommerfeld Formulation of Diffraction, Angular Spectrum Method, Fresnel and Fraunhofer Diffraction, Holography)
4. Classical Coherence Theory (Elementary Coherence Phenomena, Theory of Stochastic Processes, Correlation Functions)
5. Quantum Optics and Quantum Optical Coherence Theory (Review of Quantum Mechanics, Quantization of the EM Field, Quantum Coherence Functions, HBT-Experiment)

Literatur:

"Classical Electrodynamics" John David Jackson

"Theoretical Optics: An Introduction" Hartmann Römer

"Introduction to Fourier Optics" Joseph W. Goodman

"Introduction to the Theory of Coherence and Polarization of Light" Emil Wolf

"Quantum Theory of Optical Coherence: Selected Papers & Lectures" R.J.Glauber.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von: Vorrechnen in der Übung; einer Klausur

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Simulation nanoskaliger Systeme

Lehrveranstaltungsnummer: 4023121

Modulverantwortliche: Wenzel, Schug

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Leistungspunkte: 6 *(Dies gilt nur für Physiker und dort ergeben sie sich aus 2xSWS. Falls die Veranstaltung von Studierenden anderer Studiengänge gebucht wird, können sich andere Leistungspunkte ergeben.)*

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4023121 Vorlesung 2 SWS; Wenzel, Schug

4023122 Übung 1 SWS; Wenzel, Schug, Meded

Übungen zu Simulation nanoskaliger Systeme

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: grundlegende Kenntnisse der Thermodynamik und statistischen Mechanik

Lernziele: Erlangung von Wissen bezüglich der Herausforderungen in der Simulation nanoskaliger Systeme und der hierfür zur Verfügung stehenden Verfahren. Entwicklung von Fähigkeiten zur Analyse, Synthese und Anwendung bestehender Simulationsverfahren.

Inhalt:

Eingeführt werden Verfahren der Molekularen Modellierung (Molekulardynamik & Monte-Carlo-Verfahren), Quantenmechanik von Vielteilchensystemen in der Quantenchemie (LCAO, Hartree-Fock, Dichtefunktionaltheorie), die im Kontext von Anwendungen auf Moleküle und periodische Systeme diskutiert werden. Ein weiterer Schwerpunkt bildet die Behandlung des elektronischen Transports durch nanoskalige Systeme (Nanodrähte/einzelne Moleküle/organische Elektronik). Einführung in Multiskalensimulationen (QM/MM, Mehrstufenverfahren)

Literatur:

- Szabo: Modern Quantum Chemistry
- Leach: Molecular Modeling

Leistungsnachweis:

Übungen und Referate

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach. *(Diesen Punkt bitte nicht variieren, da er einheitlich für alle Masterveranstaltungen ist und von der Verwendung abhängt.)*

Modul: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie

Lehrveranstaltungsnummer: 4024111

Modulverantwortliche: Mirlin

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Theorie der Kondensierten Materie

Leistungspunkte: 12

Semesterwochenstunden: 6

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4024111 Vorlesung 4 SWS; Mirlin

4024112 Übung 2 SWS; Mirlin, Protopopov, Briskot, König
Übungen zur Theorie der Kondensierten Materie II

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

Lernziele:

Vertiefung in dem Gebiet der Theorie der kondensierten Materie; Erlangen von Wissen über wichtigste Phänomene und Konzepte sowie über feldtheoretische Methoden der Untersuchung von Vielteilchensystemen

Inhalt:

Voraussichtliche Struktur der Vorlesung:

1. Einleitung
2. Green'sche Funktionen für nichtwechselwirkende Teilchen
3. Vielteilchen-Green-Funktionen
4. Feynman-Diagrammatik. Diagramm-Technik für ein System der wechselwirkenden Fermionen. Fermi-Flüssigkeit. Kollektive Anregungen.
5. Green'sche Funktionen und Diagramm-Technik bei endlichen Temperaturen (Matsubara-Diagrammatik).
6. Supraleitende Systeme.
7. Nichtgleichgewicht-Systeme. Keldysh-Diagrammatik, quantenkinetische Gleichung.
8. Vielteilchensysteme in 1D (Elektronen in Quantendrähten usw.): Bosonisierung, Luttinger-Flüssigkeit.
9. Wechselwirkung von Elektronen mit magnetischen Störstellen: Kondo-Effekt.
10. Stark korrelierte Elektronen: Hubbard-Modell und Mott-Metall-Isolator-Übergang.
11. Einführung in die mesoskopische Physik: Unordnung-, Quanteninterferenz- und Wechselwirkungs-Effekte im Quantentransport.

Literatur:

- A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinskii, Methods of QFT in statistical physics.
- L.D. Landau, E.M. Lifschitz, Statistische Physik, Teil II (Lehrbuch der theoretischen Physik, Bd IX).
- G.D. Mahan, Many-particle physics.
- A.L. Fetter, J.D. Valecka, Quantum theory of many-particle systems.
- J.W. Negele, H. Orland, Quantum many-particle systems.
- J.R. Schrieffer, Theory of superconductivity.
- H. Bruus, K. Flensberg, Many-body quantum theory in condensed matter systems
- A. Altland, B. Simons, Condensed matter field theory.
- T. Giamarchi, Quantum physics in one dimension.
- A. Kamenev, Field theory of non-equilibrium systems.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von: Vorrechnen in der Übung

Notenbildung: Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Feldtheorie der Kondensierten Materie, Renormierungsgruppe und Quantenkritikalität

Lehrveranstaltungsnummer: 4024121

Modulverantwortliche: Schmalian

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Theorie der Kondensierten Materie

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: WS

Lehr- und Lernformen:

4024121 Vorlesung 2 SWS; Schmalian

4024122 Übung 2 SWS; Schmalian, Orth

Übungen zu Feldtheorie der Kondensierten Materie, Renormierungsgruppe und Quantenkritikalität

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: *Besuch der Vorlesung TKM-I wird empfohlen*

Lernziele:

Erlangen von Wissen über die Grundlagen der Renormierungsgruppe zur Beschreibung von Systemen in der Nähe eines quantenkritischen Punktes. Beherrschung unterschiedlicher Methoden zur Beschreibung komplexer Quantensysteme. Lösen der zugehörigen Renormierungsgruppengleichungen, Anwendung dieser Renormierungsgruppe auf komplexe Vielteilchensysteme. Erlangen des physikalischen Verständnisses der Skalentheorie von Quantensystemen in der Nähe von Phasenübergängen bei tiefen Temperaturen.

Inhalt:

Das Ising Modell im Transversalen Feld, die Hertz-Milliz Theorie metallischer kritischer Systeme, Spin-Dimere im magnetischen Feld und verdünnte Quantengase, Graphen mit Coulomb-Wechselwirkung, Quanten-Perkolationsübergänge

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

einer Klausur

Kurzvorträgen im Rahmen der Vorlesung/Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Physik der Quanteninformation

Lehrveranstaltungsnummer: 4024131

Modulverantwortliche: Shnirman

Einordnung in Studiengang: Master Physik

Themenfeld/er: Theorie der Kondensierten Materie, Nanophysik

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus:

Lehr- und Lernformen:

4024131 Vorlesung "Physik der Quanteninformation" 3 SWS; Shnirman

4024132 Übungen zu "Physik der Quanteninformation", 1 SWS; Shnirman, Wollfarth

Lernziele:

Erlangen von Wissen über die Grundlagen der Quanteninformation; Vertiefung des physikalischen Verständnisses der Quantenmechanik, insbesondere der Konzepte von Kohärenz, De-Kohärenz (Dissipation), Messprozess, Verschränkung (Korrelationen) und deren Rolle in realistischen physikalischen Systemen.

Inhalt:

I. THEORIE DES QUANTENCOMPUTINGS

1. Grundlagen (Qubits, Register, Gates, Rabi-Oszillationen, Einfache Algorithmen)
2. Adiabatische Prozesse (Landau-Zehner Übergänge, Berry Phase, Holonomies)
3. Offene Quantensysteme (Dichte-Operator, Dekohärenz)
4. Quanten-Messungen

II PHYSIKALISCHE REALISIERUNGEN

1. Spin-Qubits, NMR Quantencomputing
2. Josephson-Qubits (Josephson Effekt, Makroskopisches Quantentunneln, Dissipation, Caldeira-Leggett Modell, Verschiedene Qubits)
3. Quantenoptik, Kalte Ionen
4. Topologisches Quantencomputing / Majorana Quasiteilchen
5. Gate-Fehler und Quanten Fehler Korrektur (falls Zeit)

Literatur: u.a.

M. A. Nielsen and I. L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information"

H.-P. Breuer and F. Petruccione, "The theory of open quantum systems"

G. Chen et al., "Quantum Computing Devices: Principles, Designs, and Analysis"

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Abgabe von Übungsblättern, Vorrechnen in der Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Computational Physics

Lehrveranstaltungsnummer: 4025121

Modulverantwortliche: Steinhauser, Mihaila

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:
Theoretische Teilchenphysik

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4025121 Vorlesung 2 SWS; Steinhauser, Mihaila

4025122 Übung 2 SWS; Steinhauser, Mihaila, Di Luzio
Übungen zu Computational Physics

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundkenntnisse der Quantenmechanik und in der Programmierung von C und Mathematica werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Der Studierende soll in die Grundbegriffe der computergestützten Physik eingeführt werden und dabei lernen, komplizierte Algorithmen auf effektive Art und Weise in eine Computersprache umzusetzen.

Inhalt:

In der Vorlesung wird zunächst die numerische Lösung von partiellen Differentialgleichungen besprochen. Danach werden Solitonen-Lösungen diskutiert. Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigt sich mit Fragestellungen aus der Quantenmechanik, die keine analytische Lösung haben und somit auf numerische Methoden angewiesen sind. Neben stationären Problemen werden auch zeitabhängige Phänomene besprochen.

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich durch Bearbeitung von Übungsblättern und Vorführen der Programme in den Übungen; mündliche Prüfung bei Kombination zum Ergänzungs- bzw. Schwerpunktfach mit anderen Veranstaltungen.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Einführung in die Flavourphysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4025131

Modulverantwortlicher: Nierste

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Theoretische Teilchenphysik

Leistungspunkte: 10

Semesterwochenstunden: 5

Modulturnus: SS oder WS

Lehr- und Lernformen:

4025131 Vorlesung 3 SWS; Nierste

4025132 Übung 2 SWS; Nierste, Wiebusch

Übungen zu Einführung in die Flavourphysik

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: keine

Lernziele:

Erlernen der Methodik der Theoretischen Flavourphysik, Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Berechnung der Zerfallsamplituden von Mesonen, Verständnis der Phänomenologie des Yukawa-Sektors

Inhalt:

Yukawa-Wechselwirkung im Standardmodell, Lagrangedichten der QCD und der elektroschwachen Wechselwirkung, schwache Zerfälle von Mesonen, Wilson'sche Operatorproduktentwicklung, Renormierung effektiver Feldtheorien, Teilchen-Antiteilchen-Mischung, CP-Verletzung.

Literatur:

Wird in der Vorlesung angegeben.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Vorrechnen von Hausaufgaben in der Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Theoretische Teilchenphysik I

Lehrveranstaltungsnummer: 4026111

Modulverantwortliche: Mühlleitner

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Theoretische Teilchenphysik

Leistungspunkte: 12

Semesterwochenstunden: 6

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4026111 Vorlesung 4 SWS; Mühlleitner

4026112 Übung 2 SWS; Mühlleitner, Gieseke

Übungen zur Theoretischen Teilchenphysik I

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: keine

Lernziele:

Erlangen von Wissen über die Grundlagen der Relativistischen Feldtheorie; Erlangen des physikalischen Verständnisses der Teilchenphysik; Lernen des Lösen komplexer Rechnungen

Inhalt:

Darstellungen der Lorentzgruppe, Poincarégruppe; Lagrangedichten und Symmetrien, Euler-Lagrange-Gleichung für Felder, Noether-Theorem für Felder; Kanonische Quantisierung von Boson-, Fermion- und Vektorfeldern; Eichtheorien; Störungstheorie, Feynmandiagramme, Berechnung von Wirkungsquerschnitten

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Higgs-Phänomenologie

Lehrveranstaltungsnummer: 4026121

Modulverantwortliche: Zeppenfeld, Rauch

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er: Theoretische Teilchenphysik

Leistungspunkte: 4

Semesterwochenstunden: 2

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4026121 Vorlesung 2 SWS; Zeppenfeld, Rauch

Voraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse in Theoretischer Teilchenphysik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Die Studierenden sollen Wissen über die Eigenschaften des Higgs-Teilchens und seine wichtigsten Signaturen an Teilchenbeschleunigern erlangen. Relevante Rechentechniken werden durch Nachvollziehen der Beispiele in der Vorlesung geübt.

Inhalt:

In der Vorlesung Higgs-Phänomenologie werden die wichtigsten Eigenschaften des Higgs-Feldes und des zugehörigen Teilchens, des Higgs-Bosons, besprochen. Zunächst wird dargestellt, wie über elektroschwache Symmetriebrechung dieses Feld verantwortlich für die Massen der Elementarteilchen ist. Daraufhin werden die Hauptproduktions- und -zerfallskanäle an Beschleunigern besprochen. Kinematische Verteilungen, welche die Bestimmung der Quantenzahlen des Higgsbosons erlauben, werden vorgestellt. Am Ende der Vorlesung werden mögliche Erweiterungen des Higgssektors des Standardmodells besprochen.

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

mündliche Einzelprüfung über den Inhalt der Vorlesung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Materialphysik

Lehrveranstaltungsnummer: 4027111

Modulverantwortliche: Gerthsen

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: Vorlesung wird alle 3 bis 4 Semester angeboten

Lehr- und Lernformen:

4027111 Vorlesung 2 SWS; Gerthsen

4027112 Übung 1 SWS; Gerthsen, Störmer

Übungen zu Materialphysik

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Grundlagenkenntnisse der Thermodynamik und Festkörperphysik werden vorausgesetzt.

Lernziele:

Die Studierenden sollen in die Grundbegriffe der Materialphysik eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen sowie die Konzepte und Messmethoden der Materialphysik verstehen und anwenden lernen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme der Materialphysik in Gruppen lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens. Die Übungsaufgaben werden durch praktische Übungen ergänzt.

Inhalt:

In der Vorlesung Materialphysik werden Themen behandelt, die interdisziplinär zwischen Festkörperphysik, Werkstoffkunde und physikalische Chemie angesiedelt sind. Themen der Vorlesung sind Thermodynamik von Legierungen, Diffusion, Kinetik von Phasenübergängen, Plastizität von Materialien, Eigenschaften von Versetzungen und anderen Defekten sowie wichtige experimentelle Methoden in der Materialphysik.

Literatur:

D.A. Porter, K.E. Easterling, Phase Transformations in Metals and Alloys, Chapman & Hall

Leistungsnachweis:

Mündliche Prüfung oder Klausur je nach Teilnehmerzahl

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Beschleunigerphysik I: Teilchenbeschleuniger

Lehrveranstaltungsnummer: 4028111

Modulverantwortliche: Müller, Anke-Susanne

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er: Experimentelle Teilchenphysik, Experimentelle Astroteilchenphysik

Leistungspunkte: 8

Semesterwochenstunden: 4 (2V+1Ü+1PÜ)

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4028111 Vorlesung 2 SWS; Müller, Anke-Susanne

4028112 Übung zu 4028111, 1 SWS; Müller, Anke-Susanne; Kehler, Benjamin

4028113 Praktische Übung an ANKA zu 4028111 1 SWS; Müller, Anke-Susanne; Hiller, Nicole

Lernziele:

Nach Besuch der Veranstaltung können Sie die Grundlagen der Beschleunigerphysik darstellen und einfache Strahltransportsysteme berechnen. Sie können die Beschleunigergrundtypen beschreiben, deren Funktionsweisen gegenüberstellen und die Eignung für den Einsatz in physikalischen Experimenten einschätzen. Sie sind ausserdem in der Lage, die verschiedenen Methoden zur Messung und Kontrolle von Strahlparametern zu identifizieren, klassifizieren und zu begründen.

Inhalt:

Die Vorlesung bietet eine Einführung in die Grundlagen der Physik moderner Teilchenbeschleuniger anhand von Beispielen aktueller Maschinen (wie z.B. LHC am CERN und ANKA am KIT). Folgende Themenschwerpunkte werden behandelt:

- Grundtypen von Beschleunigern (u.a. elektrostatische Beschleuniger, Linacs, Kreisbeschleuniger, Speicherringe & Collider)
- Grundlagen der Synchrotronstrahlung
- Strahloptik und Strahldynamik (z.B. Magnetische Linsen, Strahleigenschaften, transversale & longitudinale Schwingung und Dämpfung)
- Messung & Kontrolle von Strahlparametern
- Performance-Grenzen von Beschleunigern (z.B. Ultra-kurze Elektronenpulse, hochintensive Protonenstrahlen, Strahl-Strahl-Wechselwirkungen bei Collidern)
- Neue Technologien, aktuelle & zukünftige Projekte

Literatur (Auswahl):

E.J.N. Wilson: An Introduction to Particle Accelerators, Oxford University Press, 2001

H. Wiedemann: Particle Accelerator Physics 1&2, Springer, 1993

K. Wille: Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, Teubner Studienbücher, 2. Aufl., 1996

Leistungsnachweis:

Voraussichtlich in Form von:

Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

ggf. Kurzvorträgen im Rahmen der Vorlesung/Übung

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Modern X-ray Physics III: Optical Coherence in Microscopy, Tomography and Diffraction

Lehrveranstaltungsnummer: 4028131

Modulverantwortliche: Baumbach

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld/er:

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: SS

Lehr- und Lernformen:

4028131 Vorlesung 2 SWS; Baumbach

4028134 Seminar 1 SWS; Baumbach

Übungen zu Modern X-ray Physics III

Vorraussetzungen: Klassische Experimentalphysik I-III, Moderne Experimentalphysik I+II, Klassische Theoretische Physik I-III, Moderne Theoretische Physik I. Grundvorlesungen Mathematik (Lineare Algebra, Analysis) sollten vorher erfolgreich belegt worden sein.

Bedingungen: Keine.

Empfehlungen: Vorlesung ist hilfreiche Voraussetzung für die Absolvierung einer (theoretischen oder experimentellen) Masterarbeit auf dem Gebieten Imaging und Scattering mittels Synchrotronstrahlung, aber nicht unbedingt notwendig.

Lernziele:

Erlernen experimenteller und theoretischer Grundlagen verschiedener kohärenter Röntgenstreuungsmethoden (z.B. Kleinwinkelstreuung). Anwendung von Kinematischer und Dynamischer Streutheorie auf Röntgenstreuexperimente. Einführung in die Röntgenbildgebung (Imaging) und zentrale Verfahren z.B. Absorptionskontrast und Phasenkontrast. Vertieftes Verständnis des Kohärenzbegriffs.

Inhalt:

Elektromagnetische Wellenfelder, Fresnelbeugungsintegral, Guigay-Relation, Ergodizität, Ensemblebegriff, komplexer Kohärenzgrad, Kohärenzlänge, Van Cittert-Zernike-Theorem, Projektionsapproximation und Kleinwinkelstreuung, Fourier-scheibentheorem, algebraische Rekonstruktion, Photonstatistik, Gitterinterferometrie, Propagationsmethode

Literatur:

Wird in der Vorlesung genannt.

Leistungsnachweis:

Übungen semesterbegleitend, 30 min. mündliche Prüfung am Ende des Semesters **Notenbildung:**

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Pulverdiffraktometrie

Lehrveranstaltungsnummer: 4028141

Modulverantwortlicher: Eichhorn

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld:

Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: Blockkurs nach Bedarf (zu Beginn des SS/WS)

Lehr- und Lernformen:

4028141 Vorlesung 2 SWS; Eichhorn

4028142 Übung 1 SWS; Eichhorn

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Kristallographische Grundkenntnisse, z.B. der Stoff einer der Vorlesungen „Kristallographische Grundlagen der Festkörperphysik“ oder „Kristallographie für die Angewandten Geowissenschaften“ wären hilfreich, sind aber nicht Voraussetzung. Der Kurs wendet sich an Physiker, Chemiker, Mineralogen, Geologen und Werkstoffwissenschaftler.

Lernziele:

Grundlagen der Röntgenbeugung an polykristallinen Proben. Routinemäßige Auswertung von Pulverdiffraktogrammen mit kommerziellen und freien Programmpaketen. Teilchengrößebestimmung und Spannungsanalyse.

Inhalt:

Schwerpunkt des Kurses ist die Rietveld-Technik und ihre Anwendungen zur Kristallstrukturanalyse und zur Probencharakterisierung. Behandelt werden die Grundlagen der Pulverdiffraktometrie sowie Verfahren zur Bestimmung und Verfeinerung von Kristallstrukturen aus Pulverdiffraktogrammen. Auf Seiten der Probencharakterisierung erfolgt eine Einführung in die Bestimmung von Teilchengrößen, in die röntgenographische Spannungsanalyse und in die Eigenschaften von Realkristallen. Die praxisnahen Übungen erfolgen mit Programmpaketen zur Auswertung von Pulverdiagrammen (Fullprof).

Literatur:

- ♦ W.Borchardt-Ott: Kristallographie, Springer 2002;
- ♦ K.Eichhorn: Vorlesungsskript Pulverdiffraktometrie, 2012.

Weiterführende Literatur und Quellen im Internet werden im Kurs vorgestellt.

Leistungsnachweis:

Lösung von Übungsaufgaben in Gruppenarbeit.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

Modul: Kristallstrukturbestimmung

Lehrveranstaltungsnummer: 4028151

Modulverantwortlicher: Eichhorn

Einordnung in Studiengang: Master Physik, Themenfeld:

Kondensierte Materie

Leistungspunkte: 6

Semesterwochenstunden: 3

Modulturnus: Blockkurs nach Bedarf (zu Beginn des SS/WS)

Lehr- und Lernformen:

4028151 Vorlesung 2 SWS; Eichhorn

4028152 Übung 1 SWS; Eichhorn

Vorraussetzungen: keine

Bedingungen: keine

Empfehlungen: Kristallographische Grundkenntnisse, z.B. der Stoff einer der Vorlesungen „Kristallographische Grundlagen der Festkörperphysik“ oder „Kristallographie für die Angewandten Geowissenschaften“ wären hilfreich, sind aber nicht Voraussetzung. Der Kurs wendet sich an Physiker, Chemiker, Mineralogen, Geologen und Werkstoffwissenschaftler.

Lernziele:

Grundlagen der Röntgenbeugung an einkristallinen Proben. Routinemäßige Strukturbestimmung und Strukturverfeinerung mit kommerziellen und freien Programmpaketen. Fehlordnung und Verzwilligung. Interpretation der Ergebnisse. Kristallographische Datenbanken.

Inhalt:

Behandelt werden die Grundlagen der Röntgenstrukturanalyse an Einkristallen mit Patterson-Techniken, Direkten Methoden und Dual Space Techniken. Der Lehrstoff umfaßt:

- ♦ Kristallographische Grundlagen,
- ♦ Röntgenbeugung an Einkristallen,
- ♦ Datensammlung und Datenreduktion,
- ♦ Pattersonfunktion und Schweratomtechnik,
- ♦ Intensitätsstatistik und Direkte Methoden,
- ♦ Isomorpher Ersatz, anomale Dispersion, MAD-Phasing,
- ♦ Dual Space Techniken mit Simulated Annealing,
- ♦ Fouriersynthesen und Strukturverfeinerung,
- ♦ Interpretation der Ergebnisse,
- ♦ Kristallographische Datenbanken.

Die praxisnahen Übungen erfolgen mit Computerprogrammen zur automatischen Strukturbestimmung, schwerpunktmäßig mit SHELX/WinGX.

Literatur:

- ♦ W.Borchardt-Ott: Kristallographie, Springer 2002;
- ♦ K.Eichhorn: Vorlesungsskript Strukturbestimmung, 2012.

Weiterführende Literatur und Quellen im Internet werden im Kurs vorgestellt.

Leistungsnachweis:

Lösung von Übungsaufgaben in Gruppenarbeit.

Notenbildung:

Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.