

Zusatz zum Modulhandbuch

für den Master Studiengang Physik

Mit Modulbeschreibungen zu zusätzlichen Veranstaltungen gem. § 6 der
Studienordnung für den Master Studiengang Physik vom 04. Februar 2010

**zusammengestellt für die Fachrichtung Physik
der Universität des Saarlandes**

RS-Sem.	Modul	CP	SWS
Zusätzliche Veranstaltungen Studiengang Master Physik PO 2010 (gemäß §6 der Studienordnung für den Master-Studiengang Physik vom 04.02.2010)			
3	Experimental quantum optics and quantum communication	5	4
3	Phasenübergänge 2. Art und kritische Phänome	3	2
3	Elektronenmikroskopie	5	4
3	Unternehmensgründung und Patentwesen in den Naturwissenschaften	3	2
2	Artificial Life: experimentelle und statistische physikalische Aspekte der Entstehung von lebendiger Materie und ihrer komplexen Dynamik	3	2
	Stochastic Processes	5	4
	Quantum Optics with Ultracold Atoms	5	4
	Theoretische Physik für Quantentechnologien	5	4
	Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung	5	4
	Introduction to Stochastic Processes in Biophysics	5	4
	Informatik und Programmierung (ITG 2)	6	4
	Elektronik und Mikrocontrollerprogrammierung (ITG 3)	6	4
	Computational Molecular Biophysics	5	4
	Kapillarität und Benetzungspänomene	5	4
	Allgemeine Relativitätstheorie	3	3
	Biomembranen	5	4
	Image Processing and data analysis methods	5	4
	Quantum Field Theory	5	4

Modul: Experimental quantum optics and quantum communication					Abk.
Studiensem. 1,3	Regelstudiensem. 3	Turnus WS	Dauer 1	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Pavel Bushev		
Dozent/inn/en	Prof. Dr. Pavel Bushev		
Zuordnung zum Curriculum	Master Physik, Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Grundlagenkenntnisse werden vorausgesetzt in: Optik, Elektrodynamik, Kondensierte Materie, Quantenmechanik		
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder Mündliche Prüfung		
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung 2 SWS, Übung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 2 SWS		30 Stunden
	Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS		15 Stunden
	Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung		90 Stunden
			----- Summe 150 Stunden
Modulnote	Ergebnis aus der Klausur oder mdl. Prüfung		

Lernziele/Kompetenzen
Vertiefung in einem Gebiet
der Optik,
Elektrodynamik,
Kondensierte Materie,
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

Weitere Informationen:

Unterrichtssprache: Englisch

Literaturhinweise:

- 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”

Modul Phasenübergänge 2. Art und kritische Phänomene Transitions de phases et phénomènes critiques					Abk. Crit
Studiensem. 1,3	Regelstudiensem. 3	Turnus WS	Dauer 1	SWS 2	ECTS-Punkte 3

Modulverantwortlicher Henkel

Dozenten Henkel

Zuordnung zum Curriculum Master Physik, Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP) (für Master und Doktoranden)

Zulassungsvoraussetzungen Keine formalen Voraussetzungen.
Grundkenntnisse der statistischen Mechanik nützlich

Leistungskontrollen / Prüfungen mündliche Prüfung oder Klausur,
Teilnahmevoraussetzung: regelmäßige Teilnahme

Lehrveranstaltungen / SWS Vorlesung 2 SWS

Arbeitsaufwand

Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 2 SWS	30 Stunden
Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	60 Stunden

Modulnote Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

Einführung in der Physik der Phasenübergänge 2. Art und ihre Beschreibung durch universelle kritische Exponenten. Konventionelle selbst-konsistente Methoden sind grundsätzlich nicht in der Lage, weder die Werte dieser Exponenten noch ihre Universalität korrekt vorherzusagen. Begriff und Benutzung der Renormierungsgruppe.

Inhalt

Begriff der kritischen Phänomene, Zusammenhang mit Singularitäten der thermodynamischen Potentiale, kritische Exponenten, Begriff der Universalität, Skalengesetze, Renormierungsgruppe, Anwendungen in klassischen und quantenmechanischen Systemen, exakt lösbare Modelle zur Illustration

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: german (if necessary, english is also possible ;
l'enseignant est particulièrement ouvert aux besoins des étudiants francophones)

Literaturhinweise:

J.L. Cardy „Scaling and Renormalization in Statistical Physics” (Cambridge University Press 1996)
M.E. Fisher in F. Hahne (ed) “Critical Phenomena” Springer Lecture Notes in Physics 186 (1983)
J.M. Yeomans “Statistical mechanics of phase transitions”, Oxford University Press (1993)

Modul Elektronenmikroskopie					Abk.
Studiensem. 1 o. 2	Regelstudiensem. 2	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r		de Jonge			
Dozent/inn/en		de Jonge			
Zuordnung zum Curriculum		Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Optik und Experimentalphysik			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Klausur			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung (3 SWS) - Praktikum (1 SWS)			
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> - Präsenzzeit: 4 SWS x 10 Wo. = 40 h - Vor- und Nachbereitung (V): 3 h/Wo x 8 Wo. = 24 h - Praktikum: 4 SWS x 4 Wo. = 16 h - Klausur: 2 h - Praktikum Protokoll: 3 h/Wo x 6 Wo. = 18 h - Vorbereitung Klausur: 50 h Summe 150 h 			
Modulnote		Aus der Klausurnote und Praktikumsprotokoll			

Lernziele/Kompetenzen

Physikalisches Verständnis der Funktionsweise der verschiedenen Arten von hochauflösende Mikroskopie, von Lichtmikroskopie bis hin zur Elektronenmikroskopie. Dies beinhaltet ebenfalls die Interaktion zwischen Licht/Elektronenstrahl und Material, Wissen von 1) Bildaufbau, 2) verschiedenen Kontrastverfahren, 3) Beugung, 4) Elementanalyse, 5) der Komponenten der verschiedenen Mikroskope (Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Konfokal-, Superresolution- und Elektronenmikroskop), sowohl Kenntnisse über die wesentlichen Anwendungsbereiche der verschiedenen Mikroskopieformen. Selbstständiges Bedienen eines Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Rasterelektronen- und eines Transmissionselektronenmikroskops.

Inhalt

Dieses Wahlpflichtfach gibt eine Einleitung in die moderne hochaufgelöste Mikroskopie. Es behandelt jeweils zwei Themengebieten: der Lichtmikroskopie und der Elektronenmikroskopie.

Einführung in die Grundlagen der Lichtmikroskopie (Bildentstehung, Linsenfehler, Kontrastverbesserung, Auflösungskriterien). Speziell wird dann auf Aufbau und Verfahrensweise von Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Konfokal- und Superresolutionstechniken eingegangen. Einige diese Techniken werden im Praktikum selbstständig erprobt und kleine Experimente damit ausgeführt.

Einführung in die Grundlagen der Elektronenmikroskopie mit Themen wie Elektronenstreuung, Beugung, Kontrast bzw. Auflösung, Arten der Elektronenmikroskopie, Komponenten eines Elektronenmikroskops, Anwendungen in der modernen Wissenschaft usw. Im Praktikum angeboten lernt jeder Student(in), selbstständig sowohl ein Rasterelektronenmikroskop als auch ein Transmissionselektronenmikroskop zu bedienen und damit Experimente durchzuführen

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch

Literaturhinweise:

J.B. Pawley, Handbook of biological confocal microscopy, 2nd Edition, 1995.

D.B. Williams, C.B. Carter, Transmission electron microscopy, 2nd Edition, Springer 2009.

Modul Unternehmensgründung und Patentwesen in den Naturwissenschaften					Abk.
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 3

Modulverantwortliche/r

in der Physik: Prof. Dr. Ludger Santen
in der KWT: Christine Feiler

Dozent/inn/en

Zuordnung zum Curriculum Masterstudiengang Physik, nichtphysikalische Wahlpflicht
Masterstudierende sowie Doktoranten der Naturwissenschaften

Zulassungsvoraussetzungen Keine formale Voraussetzungen

Leistungskontrollen / Prüfungen Portfolio (schriftliche Ausarbeitung zur Vorlesung)

Lehrveranstaltungen / SWS Vorlesung: 2 SWS

Arbeitsaufwand

Präsenzzeit Vorlesungen	30 Stunden
15 Wochen à 2 SWS	
Vor- und Nachbereitung	60 Stunden

	Summe 90 Stunden

Modulnote Unbenotet

Lernziele/Kompetenzen

Ziel ist, den Studierenden möglichst praxisnah die Bandbreite einer Selbstständigkeit im eigenen Fachgebiet darzustellen.

Inhalt

In dem ersten Teil der Vorlesungsreihe werden den Studierenden die Grundlagen der Selbstständigkeit nähergebracht. Diese beinhalten u.a. die Darstellung der Förder- und Unterstützungsmöglichkeiten an der Universität des Saarlandes hinsichtlich der Aufnahme einer Selbstständigkeit, die Einführung in die Rechtsformen, Schutzrechtsstrategien und Finanzierungsmöglichkeiten, die Nutzbarmachung von Kreativitätstechniken für die Entwicklung einer Geschäftsidee, die Erstellung eines Businessplans, das Selbstmarketing und praktische Tipps für Gründer/innen. Der Kern des zweiten Teils der Vorlesungsreihe besteht aus einer Reihe von Erfahrungsberichten von Unternehmer/innen, die vom eigenen Start in die Selbstständigkeit berichten.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Modul "Artificial Life": experimentelle und statistische physikalische Aspekte der Entstehung von lebendiger Materie und ihrer komplexen Dynamik					Abk. AL
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 3

Modulverantwortliche/r	Univ.-Prof. Dr. A. Ott
Dozent/inn/en	Univ.-Prof. Dr. A. Ott
Zuordnung zum Curriculum	Spezialvorlesung, kann auch als Teil eines Wahlpflichtbereichs angerechnet werden
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung, evtl. auch Seminarvortrag
Lehrveranstaltungen / SWS	2
Arbeitsaufwand	Übung/Vorlesung 15 Wochen a 2 h= 60 Stunden Vor und Nachbereitung 30 Stunden Insgesamt 90 h
Modulnote	Note der Prüfung bzw. des Vortrags

Lernziele/Kompetenzen

Den aktuellen Stand der physikalischen und interdisziplinären Forschung zur molekularen Reproduktion, Evolution und dem Ursprung des Lebens kennen

Verständnis für die eigenen Probleme dieser Forschungsrichtung entwickeln

Inhalt

Theoretische Modelle zur molekularen Evolution und Reproduktion
Schrödingers „What is Life?“, Eigens Evolutionskasten, Tibor Gantis Chemoton sowie aktuelle Arbeiten

Experimentelle Arbeiten zur Evolution und (spontanen) Reproduktion
Auf molekularer Reproduktion und Selektion basierte Verfahren
Bildung molekularer Vielfalt im Experiment
Chemische Reproduktion.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch (Englisch bei Bedarf)

Literaturhinweise: *The Principles of Life* (2003), Oxford University Press,
Eigen, M., and P. Schuster. 1978. *Naturwissenschaften* 65:7–41 und anschließende Paper
Shannon, Claude; Weaver, Warren (1949), *The Mathematical Theory of Communication*

Stochastic Processes					STOCH
Studiensem.	Regelstudiensem	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5

Modulverantwortliche/r	Santen		
Dozent/inn/en	Rieger, Santen		
Zuordnung zum Curriculum	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen.		
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.		
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)		
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesungen		45 Stunden
	15 Wochen à 3 SWS		
	Präsenzzeit Übung		15 Stunden
	15 Wochen à 1 SWS		
	Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung		90 Stunden

	Summe	150 Stunden	
Modulnote	Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen		

Lernziele/Kompetenzen

- Fähigkeit, stochastische Prozesse mathematisch zu beschreiben
- Fähigkeit der Analyse stochastischer Prozesse
- Fähigkeit der selbständigen Lektüre aktueller Veröffentlichungen aus dem Gebiet der stochastischen Prozesse

Inhalt

- Stochastische Variablen und Zufallsereignisse
 - Markov-Prozesse
 - Master-, Langevin-, und Fokker-Planck-Gleichungen
 - Diffusionsprozesse, Stochastische Integrale
 - First-Passage Times, Rare Events
-

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise:

- Kaprivsky, Redner, Ben-Naim: A Kinetic View of Statistical Physics
- van Kampen: Stochastic Processes in Physics and Chemistry
- Gardiner: Handbook of Stochastic Methods

Modul Quantum Optics with Ultracold Atoms					Abk. TQT
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1. oder 2.	1		1 Sem	4	5

Modulverantwortliche/r	Morigi
Dozent/inn/en	Morigi
Zuordnung zum Curriculum	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
Zulassungsvoraussetzungen	erfolgreiche Teilnahme an TP III
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
Lehrveranstaltungen / SWS	3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 90 Stunden <hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> <p style="text-align: right;">Summe 150 Stunden</p>
Modulnote	Note aus Klausur bzw. mündliche Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

- Verständnis wichtiger Grundlagen der Quantenstatistik
- Verständnis wichtiger Grundlagen der Vielteilchenphysik
- Fähigkeit zum Verständnis feldtheoretischer Beschreibung von Vielteilchensystemen
- Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

Inhalt

- Bose-Einstein statistics and condensation
- Quantum degenerate atomic gases and Bose-Einstein condensation in interacting systems
- Field-theoretical description of weakly interacting bosons.
- Superfluidity, Bose-Einstein condensates, and quantum coherence
- Bose-Einstein condensation in optical lattices
- Outlook: Ultracold Fermi gases, Quantum simulators with ultracold atoms.

Weitere Informationen :

MuN-Studierende und Studierende im Bachelor Physik wird um vorherige Rücksprache mit Dozent(in) gebeten.

Unterrichtssprache: englisch

Literaturhinweise:

- A. J. Leggett, Quantum Liquids
- L. Pitaevskii, S. Stringari, Bose-Einstein Condensation
- C. J. Pethick and H. Smith, Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases
- S. Sachdev, Quantum Phase Transitions
- K. Huang, Statistical Mechanics

Modul Theoretische Physik für Quantentechnologien					Abk.
Studiensem. 1. oder 2.	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Sem	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Wilhelm-Mauch, Morigi				
Dozent/inn/en	Wilhelm-Mauch, Morigi				
Zuordnung zum Curriculum	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)				
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen				
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben. Dringende Empfehlung: erfolgreiche Teilnahme an TP III oder TP III für LaG				
Lehrveranstaltungen / SWS	3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung				
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS				45 Stunden
	• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS				15 Stunden
	• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung				90 Stunden
	----- Summe				150 Stunden
Modulnote	Note aus der Klausur oder mündlichen Prüfung				

Lernziele/Kompetenzen

- Verständnis wichtiger Grundlagen der Quantentechnologien
- Verständnis wichtiger Quantenalgorithmien und –protokolle
- Fähigkeit zur Analyse, Beschreibung, und Kontrolle der Dynamik offener Quantensysteme
- Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

Inhalt

- Struktur der Quantentheorie unter Informationsgesichtspunkten
- Elementare quantenmechanische Logikgatter und Algorithmen
- Quantenteleportation und Quantenkommunikation
- Elementare Theorie der Quantenmessung
- Elementare Theorie der offenen Systemen
- Quantenkanäle, Elementare Theorie der Quantenfehlerkorrektur

Weitere Informationen

MuN-Studierende und Studierende im Bachelor Physik wird um vorherige Rücksprache mit Dozent(in) gebeten.

Unterrichtssprache:

Literaturhinweise:

- J. Stolze, D. Suter: Quantum Computing
- G. Benentii, G. Casati, G. Strini: Principles of Quantum Computation and Information (Vol. I+II)
- M. Nielsen, I. Chuang: Quantum Computation and Quantum Information
- N.D. Mermin: Quantum Computer Science: An Introduction
- C.W. Gardiner and P. Zoller, Quantum Noise

-
- V. B. Braginsky, F. Ya. Khalili, Quantum measurement

Modul Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung					Abk.
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r		Christian Wagner			
Dozent/inn/en		Christian Wagner			
Zuordnung zum Curriculum		Wahlpflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik und Feldgleichungen (Typischerweise erworben in Modulen EP I und EP II und TPI und TP II)			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; anschließend mündliche Prüfung			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung (3 SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)			
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> - Präsenzzeit Vorlesungen 45 Stunden 15 Wochen à 3 SWS - Präsenzzeit Übungen 15 Stunden 15 Wochen à 1 SWS - Vor- und Nachbearbeitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben Klausur- und Prüfungsvorbereitung <u>90 Stunden</u> Summe 150 Stunden 			
Modulnote		Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung			

Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über aktuelle Forschungsfragen wie Selbstorganisation in hydrodynamischen und biologischen Systemen
- Die Fähigkeit eine einfach lineare Stabilitätsanalyse zu machen
- Bifurkationen von Modellsystemen bestimmen zu können
- Eine elementare Analyse chaotischer System zu erstellen

Inhalt

- Klassifikation nichtlinearer Differentialgleichungen
- Einführung in die lineare Stabilitätsanalyse
- Vorstellung experimenteller Modellsystem aus der Hydrodynamik und der Biologie
- Bifurkationen
- Chaostheorie
- Konzepte zur Strukturbildung, Ginzburg Landau Gleichungen
- Strukturbildung in hydrodynamischen und biologischen Modellsystemen
- Defekte und Fronten

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- Strogatz, Nonlinear Dynamics And Chaos: With Applications To Physics, Biology, Chemistry, And Engineering, Westview Press, ISBN 978-0738204536
- Daniel Waelgraf, Spatio-Temporal Pattern Formation: With Examples from Physics, Chemistry, and Materials Science, Springer, ISBN 978-1461273110
- Scott Camazine et al., Self-Organization in Biological Systems, Princeton Univers. Press, ISBN 978-0691116242

Modul	Abk.
-------	------

Introduction to Stochastic Processes in Biophysics					ISPB
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	1	Jedes WS	1 Semester	4	5

Modulverantwortliche/r	Dr. Reza Shaebani		
Dozent/inn/en	Dr. Reza Shaebani		
Zuordnung zum Curriculum	Master Physik, Wahlpflicht Master Biophysik, Wahlpflicht		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen		
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder Mündl. Prüfung Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben		
Lehrveranstaltungen / SWS	- Vorlesung (3 SWS) - Übung (1 SWS)		
Arbeitsaufwand	- Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen (3 SWS)		45 Stunden
	- Präsenzzeit Übung 15 Wochen (1 SWS)		15 Stunden
	- Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung		90 Stunden
	Summe		----- 150 Stunden
Modulnote	Aus der Klausurnote (und kann durch Leistungen in den Übungen verbessert werden)		

Lernziele/Kompetenzen

- Ability to mathematically analyze fluctuating biological data
- Ability to develop physical models for stochastic processes in biological systems
- Practice interdisciplinary research
- Ability to independently read related biophysical publications

Inhalt

- Introduction to stochastic processes
 - Transport processes in biological systems
 - First passage times
 - Exclusion processes
 - Aggregation, fragmentation, and coarsening mechanisms
 - Population dynamics
 - Gene expression and regulatory networks
 - Structure and dynamics of complex networks
 - Self-organization in cells and reaction-diffusion models
 - Stochastic ion channels
-

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: English

Literaturhinweise:

- C. Gardiner, Stochastic Methods: A Handbook for the Natural and Social Sciences, Springer, 2009
- ⤴ N.G. van Kampen: Stochastic Processes in Physics and Chemistry, North Holland, 2007
- ⤴ P. L. Krapivsky, S. Redner, E. Ben-Naim: A Kinetic View of Statistical Physics, Cambridge University Press, 2010
- ⤴ P. C. Bressloff: Stochastic Processes in Cell Biology, Springer, 2014

Lernziele/Kompetenzen

Die Veranstaltung vermittelt vertiefte und breitgefächerte Kenntnisse aus den Bereichen Programmiersprachen und objektorientierte Programmierung, sowie elementare Grundlagen der theoretischen Informatik (Compilerbau, Komplexitätstheorie, Laufzeitanalyse, Datenstrukturen, Algorithmen, Optimierung), Technik der parallelen und GPU-Programmierung, Assembler sowie fortgeschrittene Kenntnisse in Computeralgebrasystemen und anwendernahen Sprachen wie Matlab. Darüberhinaus werden eine Reihe optionaler Wahlthemen angeboten wie z.B. Prinzipien und Methoden der Künstlichen Intelligenz. Das Hauptaugenmerk liegt auf praktischen Aspekten im Hinblick auf Anwendungen und Anforderungen in der Physik.

Inhalt

- Praxis: Programmiersprachen C, C++, Python, OpenCL, Assembler, awk
- Objektorientierte Programmierung: Kapselung, Abstraktion, Vererbung, Polymorphie
- Datenstrukturen: Zeiger, Listen, Bäume, Klassen, Objekte, Templates, Container, Funktoren..
- Algorithmen: Deterministische und nicht-deterministische Programmierung, Komplexitätsklassen, Suchverfahren, Parallelisierung und Nebenläufigkeit, numerische Methoden in der Physik
- Grundlagen Compilerbau: Grammatiken, Lexer, Parser, Optimierung
- Approximative Methoden der KI, z.B. genetische Algorithmen, Neuronale Netze, Clusteranalyse (Big-Data)
- Praxis: Maple/Mathematica zur analytischen und numerischen Behandlung physikalischer Probleme, Messwertverarbeitung und Darstellungstechniken mit Matlab
- Linux-Kernelmodule und device-Treiber

Weitere Informationen

Der modulare Aufbau der Veranstaltung beinhaltet mehrere optionale Themengebiete, die während des Semesters je nach Interesse der Studenten ausgewählt werden.

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Skripte früherer Vorlesungen unter 'Lehre': <https://134.96.30.182/~chhof/>

Lernziele/Kompetenzen

Vermittelt werden breitgefächerte und anwendungsnahe Kenntnisse aus den Gebieten Analog- und Digitalelektronik, lineare Systemtheorie, Signalanalyse, Informationstheorie und Mikrocontrollerprogrammierung. Im Vordergrund stehen dabei das physikalische Verständnis für elektronische und elektrotechnische Zusammenhänge, sowie die Umsetzung praktischer Mess-, Steuer- und Regeltechniken mit Mitteln der Analog- bzw. Digitalelektronik. Die Ansteuerung und Verwendung Standardbausteine (ICs), die Entwicklung komplexerer Schaltungen und die Handhabung typischer Messgeräte wie Oszilloskop oder Logic-Analyzer zur Analyse und Fehlersuche wird in einer Vielzahl praktischer Aufgaben eingeübt. Damit soll die Veranstaltung eine wesentliche Lücke zwischen der theoretisch-physikalischen Ausbildung und den Anforderungen der experimentellen Arbeit schließen.

Inhalt

- Elektrotechnische Grundlagen: Pegelrechnung, Signaltypen, Messgerätepraxis (Oszilloskop, Lockin-Verstärker, Curve-Tracer, Logic-Analyzer), physikalische und elektrotechnische Grundlagen verschiedener Sensoren und Aktoren, Schaltungssimulation/-analyse mit gncap/SPIICE und Schaltungsdesign mit gEDA (Entwicklung und Herstellung eigener PCBs)
- Grundlagen Analogelektronik: Bauelemente (BJT, FET, Thyristor, Triac, Lambda-Diode) und Grundschaltungen, Ersatzschaltungen und Kleinsignalanalyse, OpAmp-Schaltungen, Lineare Systemtheorie (Laplace-Transformation vs. Mikosinski-Kalkül, Bode-, Cole-Cole- und Smith-Diagramme), analoge Filter und Regler, DAC, ADC, Sample&Hold-Schaltung, Rauschen und Rauschanalyse, PLL am Beispiel SDR
- Digitalelektronik: Gatterlogik, TTL, Normalformen, FlipFlops, Multiplexer, Shiftregister, Erstellung und Debugging digitaler Schaltungen
- Kommunikationsprotokolle: RS232, SPI, I2C, eigene Arduino-Implementierung, Steuerung verschiedener ICs (Aktoren und Sensoren) über SPI/I2C
- Grundlagen der Informationstheorie und einfache Modulationsverfahren, RF-Technik (433MHz), Realisation einfacher Steuerungsprozesse über RF
- Programmierung und Verwendung von Mikrocontrollern für physikalische Aufgaben (Grundlagen, spezifische Programmieretechniken, angewandte Probleme der Messwerterfassung und Regelungstechnik in typischen Laboranwendungen)
- FPGA-Programmierung: Aufbau und Funktionsprinzip, Grundlagen HDL-Programmierung (verilog oder HDML), einfache digitale Steuerungen und Filter auf FPGAs
- Grundlagen der Hochspannungselektronik: Schaltungstechniken, Anwendungen (Inverter, StepUp, SSTC)

Weitere Informationen

Der modulare Aufbau der Veranstaltung beinhaltet mehrere optionale Themengebiete, die während des Semesters je nach Interesse der Studenten ausgewählt werden.

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Skripte früherer Vorlesungen unter 'Lehre': <https://134.96.30.182/~chhof/>

Modul Computational Molecular Biophysics					Abk.
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1./2.	2		1 Semester	4	5

Modulverantwortliche/r	Hub	
Dozent/inn/en	Hub	
Zuordnung zum Curriculum	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht	
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlegende Kenntnisse in statistischer Physik, Quantenmechanik und Elektrostatik	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung	
Lehrveranstaltungen / SWS [ggf. max. Gruppengröße]	Vorlesung:	2 SWS
	Computerpraktikum:	2 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen a 2 SWS	30 Stunden
	Präsenzzeit Computerpraktikum: 15 Wochen a 2 SWS	30 Stunden
	Vor- und Nachbereitung der Vorlesung und der Computerpraktika, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	90 Stunden
	Summe	150 Stunden
Modulnote	Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung	

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- nach erfolgreicher Teilnahme die Methoden und Konzepte der computergestützten molekularen Biophysik verstehen;
- Verständnis entwickeln, wie physikalische Prinzipien, insbesondere die statistische Mechanik und die Quantenmechanik, die Funktion und Dynamik von Proteinen bestimmen;
- unter Anleitung computergestützte Simulationen durchführen und auswerten können und mit deren Hilfe die Funktion von Proteinen untersuchen können.

Inhalt

- Struktur, Funktion und intramolekulare Wechselwirkungen von Proteinen
- Molekulardynamiksimulationen, ihre zugrundeliegenden Näherungen und effiziente Algorithmen, Integration der Bewegungsgleichungen
- Elektrostatik in Proteinen, Lösungsmittelleffekte, Protonierungsgleichgewicht
- Proteinstrukturbestimmung (Röntgenkristallographie und Kernspinresonanz)
- Monte-Carlo-Simulationen
- Kollektive Dynamik: Hauptkomponentenanalyse und Normalmodenverfahren
- Grundlagen der Bioinformatik: Sequenzalignment, Strukturvorhersage
- Freie-Energie-Rechnungen: Free energy perturbation, thermodynamic integration, Umbrella sampling
- Nichtgleichgewichtsthermodynamik: Jarzynski-Gleichung und Crooks-Theorem
- Ladungstransport in Proteinen
- Raten-theorie: Eyring-Theorie, Smoluchowski-Gleichung, Kramers-Theorie
- Quantenchemie: Hartree-Fock-Methode und Dichtefunktionaltheorie
- Quantenmechanische/Molekularmechnische Simulationen (QM/MM)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise: Werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

Kapillarität und Benetzungsphänomene Von tropfenden Wasserhähnen, instabilen Polymerfilmen bis zur Ölförderung					Abk.
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Seemann
Dozent/inn/en	Seemann
Zuordnung zum Curriculum	Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik (typischerweise erworben in Modulen EPI und EP II und TP Ib und TP II)
Leistungskontrollen / Prüfungen	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; abschließend mündl. Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung (3 SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 90 Stunden ----- Summe 150 Stunden
Modulnote	Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über aktuelle Forschungsfragen und Anwendungen zu Kapillarität, Be- und Entnetzung
- Kenntnis der typischen experimentellen Mess- und Charakterisierungsmethoden
- Überblick über lang- und kurzreichweitige Benetzungskräfte, ihre Beschreibung im Rahmen des „effektiven Grenzflächenpotentials“ und ihren Einfluss auf die Symmetriebrechung bei der Entnetzung
- Effekte an der Dreiphasenkontaktklinie
- Kontinuumsmechanische Beschreibung der Hydrodynamik von Grenzflächen
- Kenntnis der Benetzung spezieller (topographisch oder chemisch strukturierter) Oberflächen
- Überblick über Anwendungen der Kapillarität im Rahmen der feuchten granularen Materie und benetzungsabhängige getriebene Flüssigkeitsfronten in porösen Medien.

Inhalt

- Grundlagen der Kapillarität
- Experimentelle Methoden Kontaktwinkel- und Oberflächenspannungsmessung, Dünnschichtmessung, Kraftmikroskopie und Röntgentomographie
- Effekte an der Dreiphasenkontaktklinie
- Entnetzung, treibende Kräfte für die Entnetzung
- Marangoni-Effekt (Eine neue Perspektive beim Trinken von Rotwein)
- Kontinuumsbeschreibung der langreichweitigen Benetzungskräfte und spinodale Entnetzung
- Hydrodynamik von Grenzflächen wie Rayleigh-Plateau Instabilität und Lucas-Washburn Gesetz
- Benetzung chemisch und topographisch strukturierter Oberflächen (z.B. Wenzel Modell, Cassie-Baxter Modell, Kantenbenetzung, superhydrophobe Oberflächen (Lotus-Effekt))
- Benetzung räumlicher Kugelschüttungen (wie „klebt“ Wasser eine Sandburg zusammen)
- Quasi statische Beschreibung einer Flüssigkeitsfront, die in ein poröses Medium eindringt (Prozesse die bei Ölförderung auf der Längenskala einzelner Poren ablaufen)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch auch Englisch

Literaturhinweise:

Die Veranstaltung wird den Grundzügen des Lehrbuchs „Capillarity and Wetting Phenomena - Drops, Bubbles, Pearls, Waves“ von Pierre-Gilles de Gennes, Francois Brochard-Wyart und David Quéré folgen. In einzelnen Themenbereichen wird es ergänzt durch aktuelle Bücher und Journalartikel wie

- S. Herminghaus, “Wet Granular Matter – A Truly Complex Fluid” World Scientific, Series in Soft Condensed Matter Vol. 6
 - O. K. C. Tsui, T. P. Russell “Polymer Thin Films” World Scientific, Series in Soft Condensed Matter Vol. 1
 - J. Israelachvili “Intermolecular And Surface Forces” Academic Press
 - E. Y. Bormashenko “Wetting of real Surfaces” De Gruyter
 - D. Myers “Surfaces, Interfaces and Colloids – Principles and Applications” Wiley-VCH
-

Modul Allgemeine Relativitätstheorie					ART
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 3	ECTS-Punkte 3

Modulverantwortliche/r	Santen		
Dozent/inn/en	Santen		
Zuordnung zum Curriculum	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlegende Kenntnisse in spezieller Relativitätstheorie		
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung		
Lehrveranstaltungen / SWS [ggf. max. Gruppengröße]	Vorlesung:	2 SWS	
	Präsenzübung:	1 SWS	
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen a 2 SWS	30 Stunden	
	Präsenzzeit Übungen: 15 Wochen a 1 SWS	15 Stunden	
	Vor- und Nachbereitung der Vorlesung und der Computerpraktika, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	45 Stunden	
	Summe	----- 90 Stunden	
Modulnote	Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung		

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- Nach erfolgreicher Teilnahme die physikalischen Prinzipien der allgemeinen Relativität verstehen.
- Den mathematischen Formalismus der allgemeinen Relativität anwenden können;
- Anwendungen der allgemeinen Relativitätstheorie kennenlernen.

Inhalt

- Riemannsche Differentialgeometrie, metrische Beschreibung gekrümmter Räume
- Beschreibung der allgemeinen Relativität als geometrische Theorie der Gravitation
- Tensorielle Formulierung der allgemeinen Relativität
- Die Einsteinschen Feldgleichungen
- Gravitationswellen

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise: Werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

Modul Biomembranen					Abk.
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 1	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Dr. Jean-Baptiste Fleury												
Dozent/inn/en	Dr. Jean-Baptiste Fleury												
Zuordnung zum Curriculum	Wahpflicht												
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Biophysik												
Leistungskontrollen / Prüfungen	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; abschließend münd. oder schriftl. Prüfung.												
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung (3SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1SWS)												
Arbeitsaufwand	<table> <tr> <td>Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 3SWS</td> <td>45 Stunden</td> </tr> <tr> <td>Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1SWS</td> <td>15 Stunden</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</td> <td>90 Stunden</td> </tr> <tr> <td>Summe</td> <td>150 Stunden</td> </tr> </table>					Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 3SWS	45 Stunden	Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1SWS	15 Stunden	Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	90 Stunden	Summe	150 Stunden
Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 3SWS	45 Stunden												
Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1SWS	15 Stunden												
Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	90 Stunden												
Summe	150 Stunden												
Modulnote	Aus dem Ergebnis der mündlichen oder schriftlichen Prüfung												

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden lernen mehrere grundlegende Konzepte der Biophysik einschließlich thermischer Fluktuation und thermischer Diffusion. Beispielsweise, um zu verstehen wie Zellen physikalische Prozesse nutzen, um biologische Funktionen auszuführen. Als biologisches Paradigma wird das zelluläre Membransystem (und deren Funktionen), mit besonderer Aufmerksamkeit für die Signalübertragung in der Plasmamembran, umfassend abgedeckt. Dies liegt daran, dass die Membranen von entscheidender Bedeutung sind für eine Vielzahl von zellulären Prozessen in den Bereichen Krebsbiologie, Immunologie, Neurowissenschaften etc.. Die Membran-Systeme stellen zudem ein interessantes und nützliches biologisches Paradigma dar, um zu lernen, wie die Lebensprozesse durch thermische physikalische Prozesse ermöglicht werden. Um die thermischen, stochastischen Prozesse, die von Rezeptoren und nachgeschalteten Signalmolekülen in Zellen signalisiert werden, direkt "sehen" zu können, werden die Methoden des „Single-Molecule-Imaging-Tracking“ und deren Manipulation sehr ausführlich diskutiert. Durch diese Veranstaltung werden die Studierenden das interdisziplinäre Feld der Biologie, der Chemie, der Physik und der mathematischen Wissenschaft besser verstehen.

- Inhalt**
- Beschreibung von Zellmembranen
 - Thermische Diffusion und Fluktuation und ihre Auswirkungen auf Zellmembranen
 - Protein-Wechselwirkung in Biomembranen
 - Signalmembranen und Membrandeformationen (Endozytose, Exozytose)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: englisch oder deutsch

Literaturhinweise: Eine Literaturliste wird in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben.

Modul Image processing and data analysis methods					Abk. ISPB
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
3	3	Jedes SS	1 Semester	4	5

Modulverantwortliche/r	Dr. Reza Shaebani	
Dozent/inn/en	Dr. Reza Shaebani	
Zuordnung zum Curriculum	Master Physik, Nicht-Physikalische Wahlpflicht Master Biophysik, Nicht-Biophysikalische Wahlpflicht	
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündl. Prüfung Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben	
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung (3 SWS) Übung (1 SWS)	
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wo. (3 SWS)	45 h
	Präsenzzeit Übung 15 Wo. (1 SWS)	15 h
	Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	90 h
	Summe	150 h
Modulnote	Aus der Prüfungsnote (und kann durch Leistungen in den Übungen verbessert werden)	

Lernziele/Kompetenzen

- Ability to process experimental images and videos and extract data
- Ability to mathematically analyze experimental and biological data
- Practice interdisciplinary research
- Ability to refine images and videos to improve visualization
- Ability to develop system-specific image processing tools and packages

Inhalt

- Mathematical preliminaries and introduction to digital image fundamentals
- Image transforms, linear vs nonlinear operations, discrete Fourier transform
- Image enhancement, filtering, smoothing, sharpening
- Image restoration, noise reduction and inverse transformation
- Processing of color images
- Image segmentation
- Image compression, diffusion-based image compression
- Particle tracking algorithms
- Edge, region, boundary detection
- Data analysis methods
- Particle Image Velocimetry (PIV) technique
- Archiving and mining Metadata

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch

Literaturhinweise:

- R. C. Gonzalez and R. E. Woods: *Digital Image Processing*, Pearson Education, 2001.
- A. K. Jain: *Fundamentals of Digital Image Processing*, Pearson Education, 2001.
- B. Chanda and D. D. Majumdar: *Digital Image Processing and Analysis*, PHI, 2003.
- P. C. Bressloff: *Stochastic Processes in Cell Biology*, Springer, 2014
- F. James: *Statistical Methods In Experimental Physics*, World Scientific Press, 2006.

Modul Quantum Field Theory					Abk.
Studiensem.	Regelstudiensem	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5

Modulverantwortliche/r	Dr. David Edward Bruschi, Prof. Dr. Frank. Wilhelm-Mauch
Teacher	Dr. David Edward Bruschi
Zuordnung zum Curriculum	Elective course
Zulassungsvoraussetzungen	No formal requirements. Content requirements: basic knowledge of theoretical quantum physics and special relativity.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Housework as well as exam or oral examination
Lehrveranstaltungen / SWS	Frontal lectures (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> - Presence time: 60 h (4 SWS x 15 weeks) - Preparation and follow-up (V): 30 h (2 h / week x 15 week) - Preparation of seminar lecture and writing the written version: 60 h (4 h / wk. X 15 wk.)
Modulnote	From the exam grade or grade of the oral exam.

Lernziele/Kompetenzen

Introduction to the methods of quantum field theory;
Overview of the basic concepts and methods of quantum field theory;
Independent work on a narrowly defined subject area based on given literature.

Inhalt

Spin zero fields.
 - Quantization;
 - Spin-statistics theorem;
 Spontaneous symmetry breaking.
 Path integral formulation.
 Spin one field.
 - Maxwell equations;
 - Spinor Electrodynamics
 Optional: Spin one-half fields.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: English

Literaturhinweise:

Quantum Field Theory, M. Srednicki — gratis download von

[\[https://web.physics.ucsb.edu/~mark/ms-gft-DRAFT.pdf\]](https://web.physics.ucsb.edu/~mark/ms-gft-DRAFT.pdf)

Quantum Field Theory — C. Itzykson, J.-B. Zuber, McGraw Hill 1980, Dover 2006, ISBN 0-486-44568-2