

Module Description

28-QSP Quantum mechanics and statistical physics

Faculty of Physics

Version dated Jan 17, 2026

This module guide reflects the current state and is subject to change. Up-to-date information and the latest version of this document can be found online via the page

<https://ekvv.uni-bielefeld.de/sinfo/publ/modul/365796297>

The current and valid provisions in the module guide are binding and further specify the subject-related regulations (German "FsB") published in the Official Announcements of Bielefeld University.

28-QSP Quantum mechanics and statistical physics

Faculty

Faculty of Physics

Person responsible for module

Prof. Dr. Jürgen Schnack

Regular cycle (beginning)

Every summer semester

Credit points

15 Credit points

Competencies

Die Studierenden lernen in diesem Modul die grundlegenden Konzepte und Methoden der modernen theoretischen Physik kennen und verstehen. Sie sind in der Lage, diese auf Problemstellungen der modernen Physik anzuwenden, eigenständig Probleme zu lösen und deren Lösung verständlich zu präsentieren. Sie lernen insbesondere im Bereich der Quantenmechanik, Axiome und ihre Folgerungen zu analysieren. Außerdem beginnen die Studierenden, den Unterschied von klassischer und moderner theoretischer Physik zu verstehen.

Im zweiten Teil werden die thermodynamischen Eigenschaften von Materie behandelt und wie sie sich aus statistischer Betrachtung ergeben. Der Zusammenhang zwischen experimenteller Beobachtung und Modellbildung in Form von Ensembles spielt eine zentrale Rolle. Es werden fundamentale quantenmechanische Ansätze sowie klassische Näherungen behandelt. Die Studierenden sind in der Lage, thermodynamische Zusammenhänge zu verstehen und zu begründen sowie elementare Systeme zu modellieren.

Content of teaching

Quantenmechanik

- Gegenstand der Quantenmechanik
- Allgemeine Prinzipien der Quantenmechanik: Hilbertraum, Observable und Unbestimmtheitsrelation, Messungen, Interpretationen
- Schrödingergleichung, Zeitentwicklungsoperator, stationäre Schrödingergleichung
- Zeitabhängigkeit von Erwartungswerten, Symmetrien, Erhaltungsgrößen
- Quantenmechanik in einer Raumdimension: Kastenpotential
- Orts- und Impulsdarstellung, Wahrscheinlichkeitsinterpretation
- Der harmonische Oszillator
- Quantenmechanik in drei Raumdimensionen
- Bewegung im Zentralpotential, der Bahndrehimpuls
- Wasserstoffatom
- Spin, Kopplung von Drehimpulsen, Spin-Bahn-Kopplung und weitere Korrekturen des Wasserstoffspektrums
- Pauliprinzip, Periodensystem
- Näherungsverfahren, z.B. Ritz und WKB, Störungstheorie
- weitere Themen: Dichtematrix, EPR und Bellsche Ungleichungen, Quantencomputer, ...

Statistische Physik

- Gegenstand der Thermodynamik
- Hauptsätze, Carnot-Prozess, absolute Temperatur und Entropie
- Thermodynamische Potentiale
- Zustandsgleichungen idealer und realer Gase
- Gegenstand der Statistischen Physik
- Prinzip maximaler Entropie, Entropie und Ensemble
- Statistischer Operator/ Dichtematrix, Wahrscheinlichkeitsinterpretation
- Zweiniveausysteme, Harmonischer Oszillator, Ideales Gas
- Klassische statistische Physik, Gleichverteilungssatz, Beispiele
- Vielteilchensysteme: Fermionen und Bosonen
- Großkanonisches Ensemble idealer Quantengase, Ideales Fermigas, Ideales Bosegas
- Photonengas
- Themen nach Wahl: z.B. Debye-Theorie, Phasenübergänge, Transporttheorie

Recommended previous knowledge

Einführung in die klassische Mechanik und Elektrodynamik

Necessary requirements

—

Explanation regarding the elements of the module

Die Prüfung nach Teil 1 (Quantenmechanik) gibt den Studierenden eine zeitnahe Rückmeldung, bzgl. ihres Kenntnisstandes in diesem Bereich. Dies ist notwendig, da die Kenntnisse für bestimmte Wahlmodule im folgenden Semester relevant sind.

Module structure: 2 SL, 2 bPr ¹

Courses

Title	Type	Regular cycle	Workload ⁵	LP ²
Quantenmechanik	lecture	SoSe	90 h (60 + 30)	3 [Pr]
Statistische Physik	lecture	WiSe	90 h (60 + 30)	3 [Pr]
Übungen zur Quantenmechanik	exercise	SoSe	90 h (30 + 60)	3 [SL]
Übungen zur Statistischen Physik	exercise	WiSe	60 h (30 + 30)	2 [SL]

Study requirements

Allocated examiner	Workload	LP ²
<p>Teaching staff of the course Übungen zur Quantenmechanik (exercise)</p> <p><i>Regelmäßiges Bearbeiten der Übungsaufgaben (i.d.R. 50%), jeweils mit erkennbarem und zielführendem Lösungsansatz sowie die Mitarbeit in den Übungsgruppen (in Betracht kommen insbesondere: Präsentation der eigenen Lösungen oder Lösungsansätze, Stellen von fachlichen Fragen und kritische Diskussion der physikalischen Problemstellungen, Bearbeiten von Präsenzübungen).</i></p> <p><i>Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben. Die/Der Dozent*in legt die genauen Kriterien zu Veranstaltungsbeginn fest und gibt diese bekannt.</i></p>	see above	see above
<p>Teaching staff of the course Übungen zur Statistischen Physik (exercise)</p> <p><i>Regelmäßiges Bearbeiten der Übungsaufgaben (i.d.R. 50%), jeweils mit erkennbarem und zielführendem Lösungsansatz sowie die Mitarbeit in den Übungsgruppen (in Betracht kommen insbesondere: Präsentation der eigenen Lösungen oder Lösungsansätze, Stellen von fachlichen Fragen und kritische Diskussion der physikalischen Problemstellungen, Bearbeiten von Präsenzübungen).</i></p> <p><i>Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben. Die/Der Dozent*in legt die genauen Kriterien zu Veranstaltungsbeginn fest und gibt diese bekannt.</i></p>	see above	see above

Examinations

Allocated examiner	Type	Weighting	Workload	LP ²
<p>Teaching staff of the course Quantenmechanik (lecture)</p> <p><i>Prüfung über Teil 1, in der Regel ca. 2-3 Stunden.</i></p>	Klausur	1	60h	2
<p>Teaching staff of the course Statistische Physik (lecture)</p> <p><i>Prüfung über Teil 2, in der Regel ca. 2-3 Stunden.</i></p>	Klausur	1	60h	2

Legend

- 1 The module structure displays the required number of study requirements and examinations.
 - 2 LP is the short form for credit points.
 - 3 The figures in this column are the specialist semesters in which it is recommended to start the module. Depending on the individual study schedule, entirely different courses of study are possible and advisable.
 - 4 Explanations on mandatory option: "Obligation" means: This module is mandatory for the course of the studies; "Optional obligation" means: This module belongs to a number of modules available for selection under certain circumstances. This is more precisely regulated by the "Subject-related regulations" (see navigation).
 - 5 Workload (contact time + self-study)
- SoSe** Summer semester
- WiSe** Winter semester
- SL** study requirement
- Pr** Examination
- bPr** Number of examinations with grades
- uPr** Number of examinations without grades