

Statistische Mechanik WS 2021/22

<https://www.physik.uni-kl.de/eggert/statmech/>

Vorlesungen: Di 12:00-13:30 und Do 12:00-13:30 in 46-270

Sebastian Eggert Büro 46-551, Tel.: 205-2375, e-mail: eggert@physik

Übungsgruppenleiter:

Christoph Dauer Büro 46-557, Tel.: 205-2694, e-mail: cdauer@rhrk

Mathis Giesen Büro 46-554, Tel.: 205-2299, e-mail: jmgiesen@rhrk

Christopher Mink Büro 46-574, Tel.: 205-3158, e-mail: cmink@rhrk

Literatur: Empfohlenes Textbuch: Schwabl: Statistische Mechnik (Springer)

Andere Textbücher: R.K. Pathria: Statistical Mechanics (Pergamon Press)
Landau-Lifschitz: Statistische Physik (Akademie-Verlag)
Baierlein: Thermal Physics (Cambridge University Press)
Reichl: A Modern Course in Statistical Physics (Wiley)

Schein/Benotung:

Es kann ein unbenoteter Übungsschein oder ein benoteter Klausurschein erreicht werden. Bitte informieren Sie sich welcher Schein für Ihren Studiengang notwendig ist. Der benotete Klausurschein wird auch „qualifizierter Übungsschein“ genannt.

1) Übungen 1-3 Übungsaufgaben pro Woche. „*Wer nichts tun kann, versteht nichts*“ (Paracelsus).

Bestanden durch 50% der erreichbaren Gesamtpunkte. Berechtigt zu einem unbenoteten Übungsschein.

Übungsgruppeneinteilung erfolgt gemäß den Angaben der registrierten Teilnehmer und wird via e-mail individuell mitgeteilt.

2) Klausur am **10.2.2022** (Anmeldung ca 14 Tage vorher).

Notwendig für einen benoteten Schein. Zulassungsvoraussetzung ist der bestandene Übungsteil 1).

Corona Regeln:

- Vorlesungen finden bei dem derzeitigen Stand in Präsenz in Raum 46/270 statt. Zoom Teilnahme kann nur in Ausnahmefällen oder bei Änderung der Lage ermöglicht werden.
- Bei einer Sitzordnung im Schachbrettmuster kann auf eine Maske im Hörsaal verzichtet werden. Falls Sie einen direkten Sitznachbarn (vorne/hinten/seitlich) haben, behalten Sie bitte Ihre Maske auf.
- Kontaktverfolgung erfolgt durch das System Intake. QR Code einfach einmalig auf der Webseite <https://kontaktverfolgung.uni-kl.de/> erzeugen und auf Handy oder ausgedruckt mitbringen. Es wird dringend empfohlen, dass Sie Ihren Impfstatus oder Teststatus mit dem QR Code verbinden, da für die Teilnahme die 3G Regeln gelten, welche ggfs stichprobenartig überprüft werden.
- Übungsblätter und Materialien finden sich auf der Webseite <https://www.physik.uni-kl.de/eggert/statmech/>
- Teilnahme an Übungen und Einreichung der Übungsaufgaben (elektronisch/Papierform) wird durch den jeweiligen Übungsgruppenleiter festgelegt. Jeder Übungsgruppen-Teilnehmer händigt seine eigenen Aufgaben ein. Abgabe von gemeinsam erstellten Übungsaufgaben ist nicht möglich, aber Zusammenarbeit ist erwünscht.

Inhalte:

- 1) Rekapitulation der Thermodynamik
Hauptsätze, Zustandsgleichungen, Kreisprozesse, Thermodynamische Potentiale, Maxwell Relationen
- 2) Grundlagen der Statistischen Mechanik
Mikrokanonisches und Kanonisches Ensemble. Entropie.
- 3) Einfache nicht-wechselwirkende Modelle
Reale Gase, Polymere, Gitterschwingungen, Schwarzkörperstrahlung
- 4) Quantenstatistik und Quantengase
Bose-Einstein und Fermi-Dirac Statistik, Photonen, Elektronen in Festkörpern (Sommerfeld)
- 5) Phasenübergänge
Clausius Clapeyron, Van der Waals Gas, kritische Phänomene, Ising-Modell.



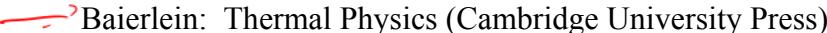

Statistical Mechanics WS 2021/22

<https://www.physik.uni-kl.de/eggert/statmech/>

Lectures: Tue 12:00-13:30 and Thu 12:00-13:30 in 46-270
Sebastian Eggert Office 46-551, Tel.: 205-2375, e-mail: eggert@physik

Exercise group lecturers:

Christoph Dauer Office 46-557, Tel.: 205-2694, e-mail: cdauer@rhrk
✗ Mathis Giesen Office 46-554, Tel.: 205-2299, e-mail: jmgiesen@rhrk
Christopher Mink Office 46-574, Tel.: 205-3158, e-mail: cmink@rhrk

Literature: Recommended text book: Schwabl: Statistische Mechnik (Springer)
Other books:  R.K. Pathria: Statistical Mechanics (Pergamon Press)
 Landau-Lifschitz: Statistische Physik (Akademie-Verlag)
 Baierlein: Thermal Physics (Cambridge University Press)
 Reichl: A Modern Course in Statistical Physics (Wiley)

Certificates:

Pass/fail certificate for exercises or graded certificate for exam are possible. Please find out what is required for your course of study.

1) Excercises 1-3 homework exercises per week. „*He who can do nothing understands nothing.*“ (Paracelsus). Pass certificate requires 50% of all points.

2) Exam on **Feb 10th, 2022.** Required for graded certificate. Admission requirement: pass of exercise part 1).

Corona Rules:

- Lectures will take place in person in room 46/270. Zoom participation will only be available as an exception or if the situation changes.
- For seat arrangement in a checker board pattern a mask is no longer mandatory. However, if you have an immediate neighbor (front/back/side) please keep your mask on.
- Contact tracing takes place via Intake. QR Code can be obtained on the following web site: <https://kontaktverfolgung.uni-kl.de/> and should be kept on smart phone or as a print out. Please link your vaccination status or testing status with this code, since you are required to be tested or vaccinated, which may be checked occasionally.
- All exercises and class materials can be found at this web site: <https://www.physik.uni-kl.de/eggert/statmech/>
- The organization of exercise groups and hand-ins (electronically or in paper) will be discussed by your group lecturer. Each participant must provide his/her own solution. Partner work is encouraged, but must be handed in separately.

Contents:

- X 1) Recapitulation of Thermodynamics
laws of thermodynamics, equations of state, thermodynamic cycles, thermodynamic potentials, Maxwell's relations
- X 2) Foundations of Statistical Mechanics
Mikrocanonical und canonical ensembles. Entropy.
- X 3) Non-interacting Models
Real gases, black body radiation, polymers, specific heat of phonons.
- X 4) Quantum statistics und quantum gases
Bose-Einstein and Fermi-Dirac Statistics, photons, electrons
- X 5) Phase Transitions
Clausius Clapeyron, Van der Waals gas, critical phenomena, Ising-Model

Thermodynamics

Phenemological

Motivated by technical problems

Engine, Processes

Thermodynamic variables

T, S, E, V, p, Q, W

Carnot cycle
Material properties

Phase transitions

Statistical Mechanics

Microscopic derivation and models

Focussed on fundamental understanding

Kinetic gas theory
quantum statistics

Partition functions, Ensemble theories

Z, \mathcal{Z}_i

$\downarrow F \rightarrow p$

Historical overview of statistical mechanics

Year	Event
1000BC-1800	Pumps, Vacuum (Torricelli 1643, Guericke 1654), <u>first engines</u> (Huygens 1673, Newcomen 1712, Watt 1765)
1660	Boyle: first equation of state (also Mariotte 1676)
<u>1738</u>	Bernoulli: <u>first kinetic gas theory</u> (Herapath 1821, Joule 1851, Krönig 1856)
1798/99	Davy and Rumford: Experiments on work and heat ←
1808/1811	Dalton und Avogadro: <u>heat as a substance</u> (Caloric). <u>Revival of the concept of atoms</u>
1824	Carnot cycle
1842	Mayer: 1 st law of thermodynamics ←
1850/51	Clausius und Kelvin: 2 nd law of thermodynamics ←
1851	Kelvin (William Thomson): Absolute zero temperature concept
1856	Krönig: Improvement of the kinetic gas theory $p = n m \bar{c}^2/3$
1857	Clausius: derivation of the equation of state for ideal gases
1860-67	Maxwell theory of real gases, description of transport
1870	Maxwell-Boltzmann distribution
1872 ✗	Boltzmann: H-Theorem
1876	Boltzmann transport equation (also Chapman, Enskog 1916/17)
1876-99 ✗	Criticism against Boltzmann's theories: Loschmidt, Zermelo, <u>Mach</u> , Ostwald, Kelvin (suicide Boltzmann 1906)
1879	Stephan-Boltzmann T^4 law for thermal radiation
1884 ✗	Gibbs: coined the concept "Statistical Mechanics"
1889	Poincaré recurrence theorem
1893-96	Wien's law for thermal radiation
1900	Planck's law for thermal radiation
1902	Gibbs: Ensemble Theory, Gibbs' Paradox.
1905	Nernst: 3 rd law of thermodynamics
1905	Einstein: Theory of the photoelectric effect
1907-1913	Specific heat in solids (Einstein, Debye, Born)
1924 ✗	Bose-Einstein statistics
1925	Pauli: exclusion principle

StatMech

1925	Ising Model (with Lenz)
1925-1928	Quantenmechanics (Schrödinger, Heisenberg, Pauli, Dirac)
1926 ✕	Fermi-Dirac Statistics
1926-1928	Sommerfeld, Pauli: Electrons in metals using Fermi Dirac statistics.
1928-1933 ✕	Quantum theory of electrons in solids: Bandstructure (Bloch, Peierls, Brillouin, Van Vleck) Magnetism (Pauli, Landau, Heisenberg, Bethe)
1933	Ehrenfest classification of phase transitions (and suicide)
1938	Shannon Entropy
1942 >	Onsager Solution for the 2D Ising Model
1950	Ginzburg-Landau Theory
1957	Bardeen, Cooper, Schrieffer: Theory of superconductivity
1970's	Renormalization group to describe critical behavior near phase transitions (Wilson 1972)
1972	Superfluid ^3He (Lee, Osheroff, Richardson, Theorie: Leggett 1974)
1995	Experimental Bose-Einstein Condensation (Cornell, Wiemann, Ketterle, Nobel Price 2001)