

1. Teil: Quantenmechanik
2. Teil: Statistische Physik u. Thermodynamik

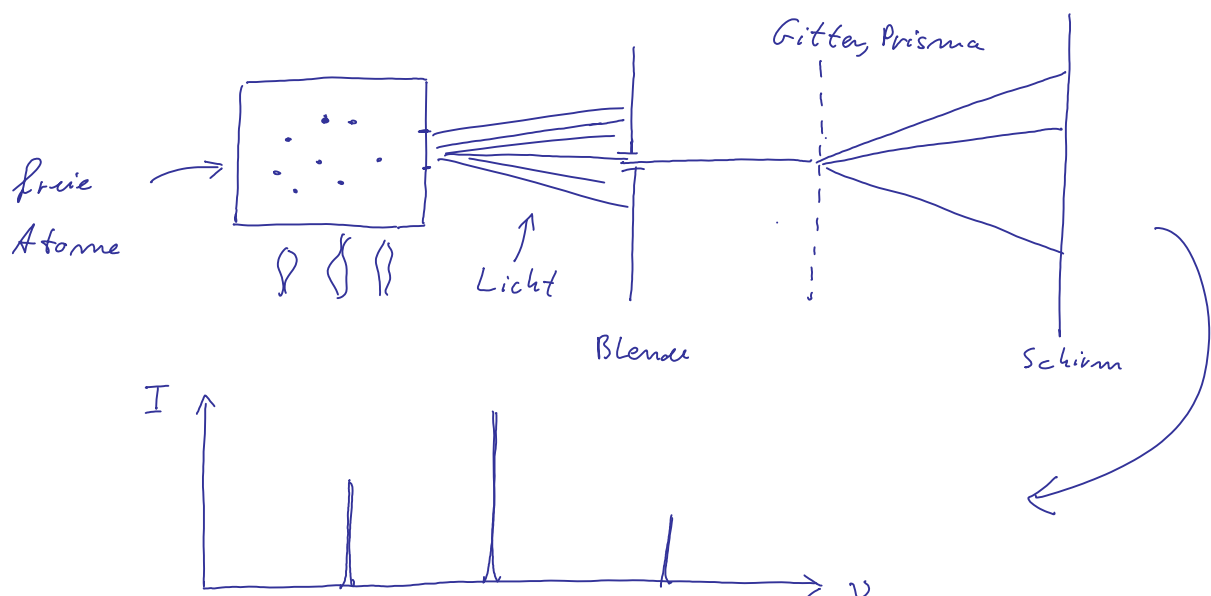
Inhalt des 1. Teils:

- 1) Probleme der klassischen Physik — Anfänge der QM
- 2) Quantenmechanik eines Zwei-Zustand-Systems:
Stern-Gerlach-Experiment
- 3) Allgemeiner Formalismus der QM
- 4) Quantenmechanik eines Punktteilchens: Schrödinger-Gl.
(Harmonischer Oszillator, H-Atom)
- 5) Identische Teilchen: Boson, Fermion, Pauli-Prinzip
- 6) QM eines relativistischen Fermions: Dirac-Gleichung
- 7) Quantenmechanische Verschränkung

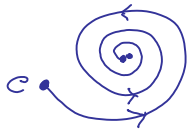
Probleme der klassischen Physik — Anfänge der QM

erfolgsverwöhnte „klassische Physik“ (= Mechanik, ED, SRT) trifft Ende des 19 Jhdts. auf unerklärbare Phänomene (vgl. Exp.-Ph III), u. a.:

- 1) Linienspektrum heißer Gase:



2) Struktur und Stabilität der Atome

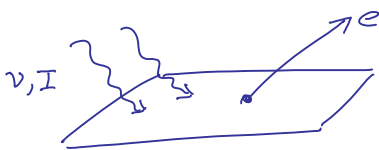


Elektron auf klassischer Bahn um Proton emittiert el.-mag. Wellen und verliert dadurch Energie: „klassisches Atom“ ist instabil,

zudem: Frequenz der emittierten Strahlung kontinuierlich \neq Linienspektrum

3) Photoeffekt:

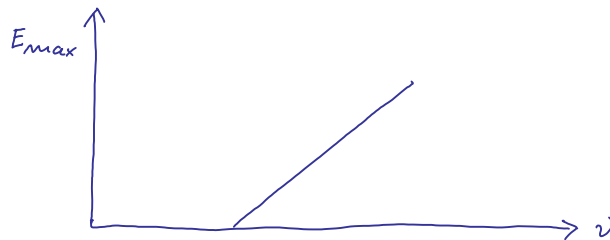
monochromatisches Licht



löst Elektronen der Energie

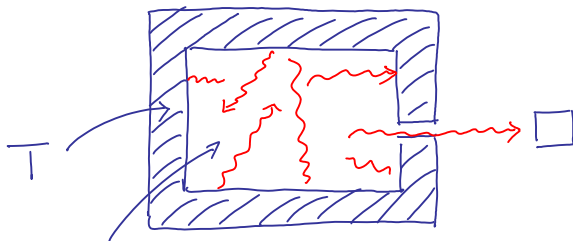
$E \leq E_{max}$ aus Metallplatte:

E_{max} unabhängig von Intensität I des Lichts, linear abhängig von Frequenz ν



⌈ klassisch: E_{max} bestimmt durch elektr. Feldstärke und damit von I abhängig

4) Hohlraumstrahlung

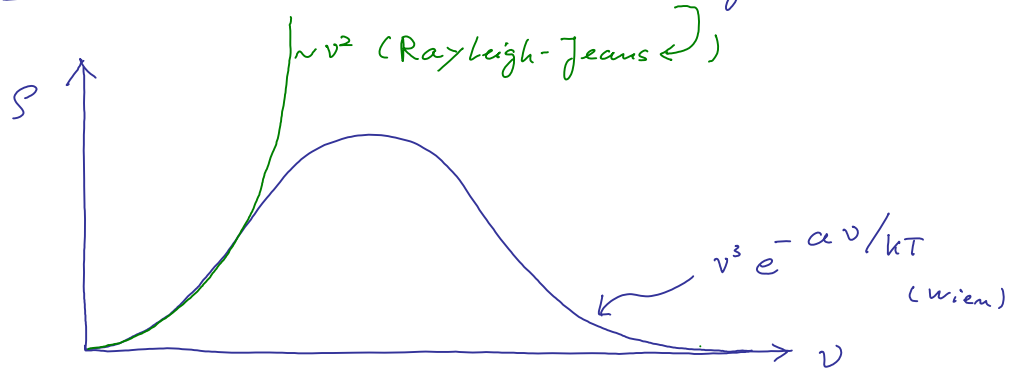


(etwa glühende Holzkohle im Grill )

el.-mag. Strahlung im Gleichgewicht mit Hohlraumwänden der Temperatur T ; deren gemessene

spektrale Energiedichte
$$S(\nu, T) = \frac{\text{el.-mag. Energie}}{\text{Volumen} \cdot \text{Frequenzinterv.}}$$

folgt nicht dem klassischen Gleichverteilungssatz:



$S(T, \nu)$ ist unabhängig von experimentellen Details (etwa Form und Material des Hohlraums) und daher fundamental!

- - aufwendige, präzise Messungen (Lummer, Pringsheim; Rubens, Kurlbaum, Berlin ~ 1900)
- großes theoretisches Interesse

M. Planck (1858-1947) beschreibt ¹⁸⁹⁹ exp. Daten durch

„Strahlungsformel“

$$S(\nu, T) = \frac{8\pi}{c^3} \nu^2 \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

benötigt ^{und bestimmt} dazu neue Naturkonstante $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

der Dimension Wirkung = Energie \times Zeit
= Länge \times Impuls
= Drehimpuls ,

Entdeckung des Wirkungsquantums h implizierte fundamentale Änderung der gesamten Physik:

Quantenmechanik und -elektrodynamik statt

klassischer Physik !

zweckmäßig:

$$h := \frac{h}{2\pi}$$

Planck (1900): Energie einer Strahlungsmode ($\hat{=}$ harm. Oszillator) gequantelt in ganzzahligen Vielfachen von $\Delta E = \underline{h \cdot \nu}$;

$$E = n \underline{h \nu}$$

+ Methoden der stat. Physik (Boltzmann)

\Rightarrow Strahlungsformel

Einstein (1905): Lichtquantenhypothese:

$$E_{\text{Lichtquant}} = \underline{h \nu} \rightarrow \text{Photoeffekt}$$

Bohr (1913): Bahndrehimpuls des Elektrons gequantelt gemäß

$$L = m \underline{v r} , m \in \mathbb{N}$$

\rightarrow Bohrsches Atommodell

\rightarrow Spektrallinien

de Brogli (1924): Teilchen mit Impuls \vec{p} bildet Materiewelle mit Wellenvektor

$$\vec{h} = \frac{\vec{p}}{h}$$

\rightarrow Erklärung von Interferenz bei Elektronstreuung (Davisson-Germer Experiment) und Compton-Effekt.

bis etwa 1925: umfassende Quantenmechanik durch Born, Dirac, Heisenberg, Jordan, Pauli, Sommerfeld, Schrödinger, enthält klassische Mechanik im Grenzfalle $h \rightarrow 0$.