

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

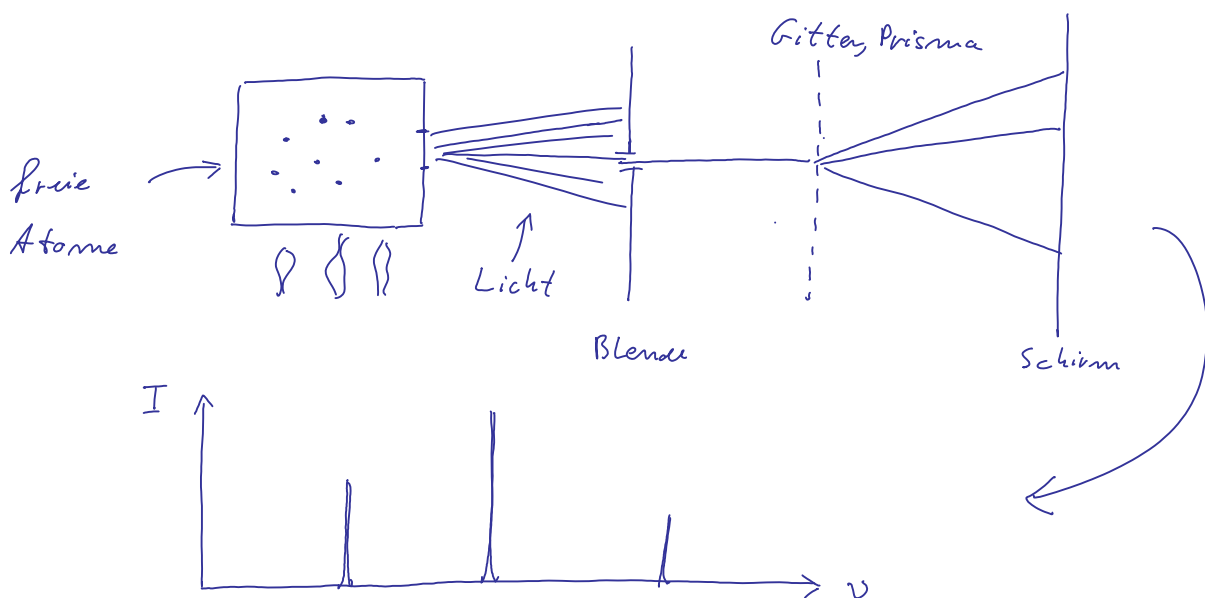
Inhalt des 1. Teils:

- 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

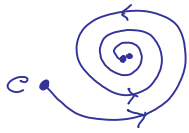
Probleme der klassischen Physik — Anfänge der QM

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

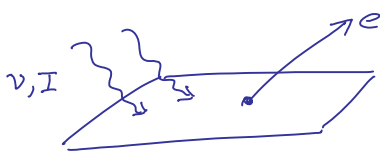


Elektron auf klassischer Bahn um Proton emittiert el.-mag. Wellen und verliert dadurch Energie: „klassisches Atom“ ist instabil,

zudem: Frequenz der emittierten Strahlung kontinuierlich  $\neq$  Linienspektrum

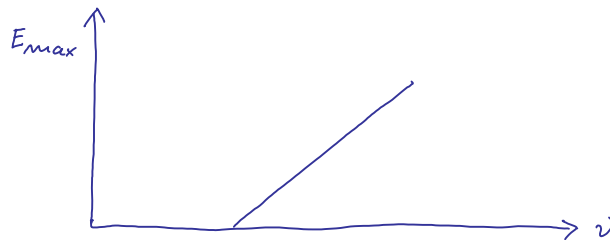
3) Photoeffekt:

monochromatisches Licht



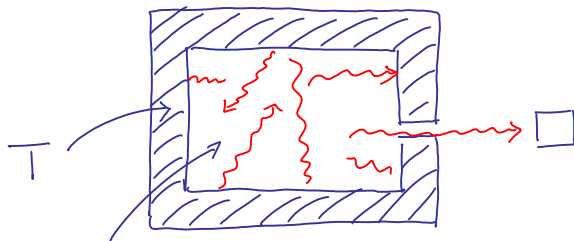
löst Elektronen der Energie  $E \leq E_{max}$  aus Metallplatte:

$E_{max}$  unabhängig von Intensität  $I$  des Lichts, linear abhängig von Frequenz  $\nu$



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

4) Hohlraumstrahlung

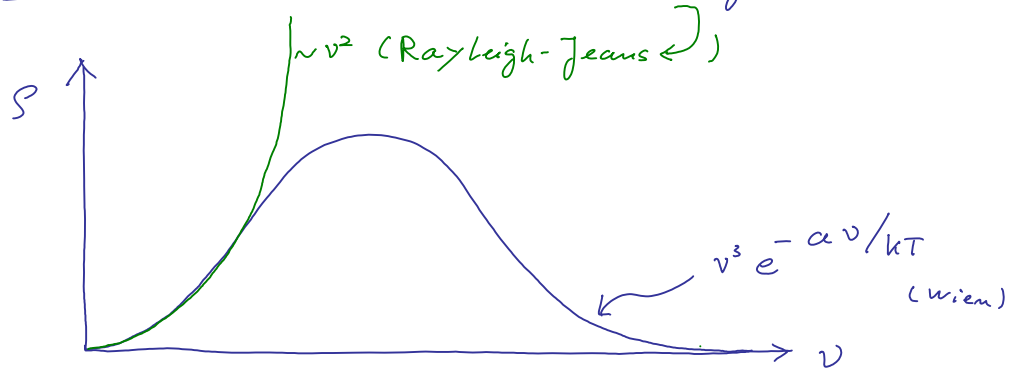


( etwa glühende Holzkohle im Grill  )

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  $\sim 1900$ )
- großes theoretisches Interesse

M. Planck (1858-1947) beschreibt <sup>1899</sup> exp. Daten durch

„Strahlungsformel“

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

benötigt <sup>und bestimmt</sup> 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:

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

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  $h \rightarrow 0$ .