

Physikalische Chemie II

01.11.2018

Matheseinheit: KW 43, 46, 49

Donnerstag

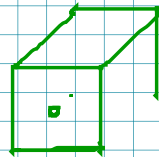
Filmempfehlung Max Planck und die Quantenphysik

## 2. Quantenmechanik

### 2.1 Exp Grundlagen

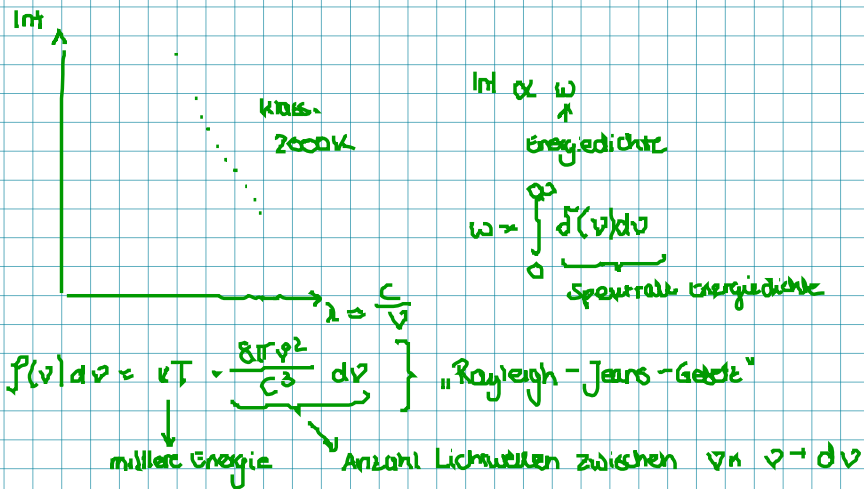
→ a) Wärmestrahlung

Spektrale Intensitätsverteilung eines „schwarzen Strahlers“



Vollraum

Temperatur:  $T$



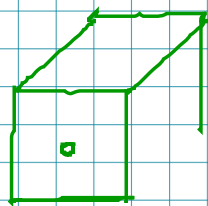
Filmempfehlung: Max Planck und die Quantenphysik

2 Quantenmechanik

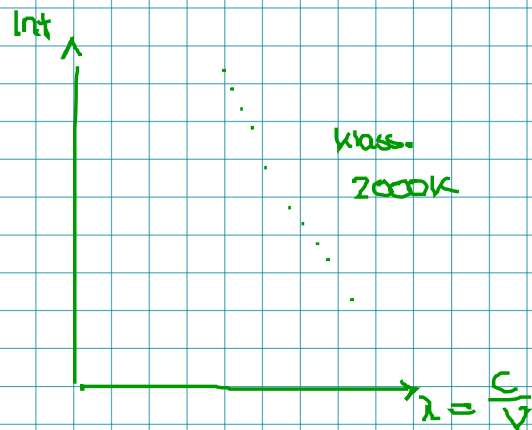
2.1 Exp. Grundlagen

→ a) Wärmestrahlung

Spektrale Intensitätsverteilung eines „schwarzen Strahlers“



Hohlraum  
Temperatur: T



Int  $\propto$   $w$   
↑  
Energiedichte

$$w = \int_0^{\infty} \underbrace{f(\nu) d\nu}_{\text{Spektrale Energiedichte}}$$

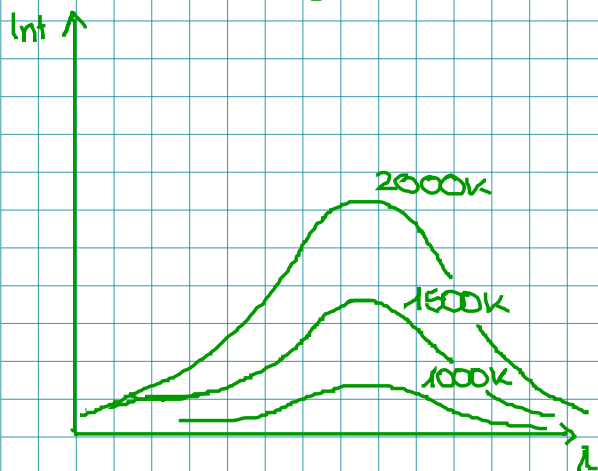
$$f(\nu) d\nu = kT \cdot \underbrace{\frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu}_{\text{Anzahl Lichtwellen zwischen } \nu \text{ n } \nu + d\nu} \quad \left. \vphantom{\frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu} \right\} \text{„Rayleigh-Jeans-Gesetz“}$$

↓  
mittlere Energie

Anzahl Lichtwellen zwischen  $\nu$  n  $\nu + d\nu$

## zu 2.1 Exp Grundlagen

→ a) Wärmestrahlung



→ UV-Katastrophe

Planck 1900 Ⓢ Gequantelte Energiezustände der Oszillatoren



$h = \text{Plancksches Wirkungsquantum } (6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js})$

↳ universelle Naturkonstante

Einstein 1905: Lichtstrahlen in Form von Lichtquanten (Photonen) absorbiert und emittieren.

$$E = h \nu$$

zu 2.1 Exp. Grundlagen

→ a) Wärmestrahlung

→ Erklärung der spektralen Intensitätsverteilung?

$$j(\nu) d\nu = h \nu \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1} \cdot \frac{8\pi \nu^2}{c^3} d\nu \quad \text{„Plancksches-Strahlungs-Gesetz“}$$

→ Grenzfälle:

$$\frac{h\nu}{kT} \ll 1 \cdot e^{h\nu/kT} \approx 1 + \frac{h\nu}{kT} \rightarrow \text{R-J-G}$$

$$[j(\nu)] = \int_S \frac{1}{s} \frac{1}{s^2} \frac{S^3}{m^3} = \frac{Js}{m^2}$$

→  $\lambda_{\max}$  bzw.  $\nu_{\max}$ ?

Planck ableiten = 0

$$\hookrightarrow \nu_{\max} = \frac{2,82k}{h} \cdot T$$

$$\text{Wichtiger: } \nu_{\max} \propto T \quad \text{„kurze Wien'sches Verschiebungs-Gesetz“}$$

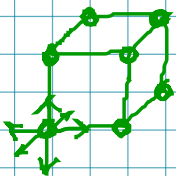
Gesamtstrahlungslistung

$$S = \underbrace{\frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3}}_{\text{konst.}} \cdot T^4$$

$$\text{Wichtiger: } S \propto T^4 \quad \text{„Stefan-Boltzmann-Gesetz“}$$

b) Molwärme von Festkörpern (1 Atom)

Klass: „Dulong-Perit“



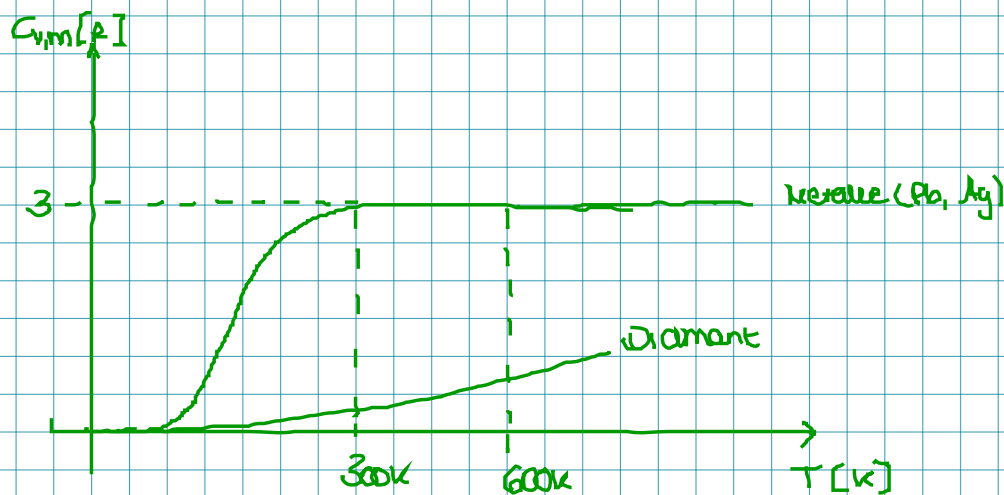
Atom im Gitter · 3 Freiheitsgrade

$$U_m = 3 \cdot kT N_A = 3RT$$

$$C_{v,m} = \left( \frac{\partial U_m}{\partial T} \right)_V = 3R$$

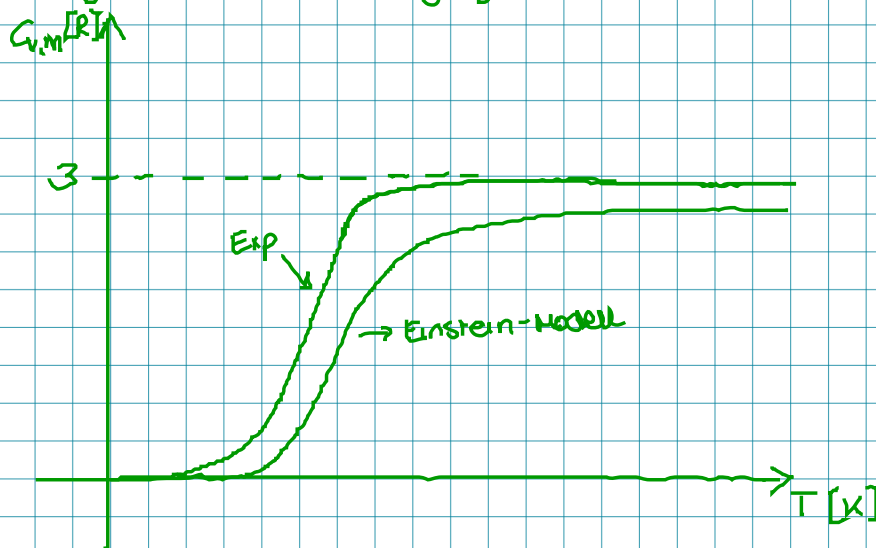
zu 2.1 Exp. Grundlagen

zu b) Molwärme von Festkörpern (1 Atom)



→ Einstein: Quantisierung der Schwingung

(ein System mit einer Schwingungsfrequenz  $\nu$ )



$$C_{v,m} = 3R \left( \frac{h\nu}{kT} \right)^2 \frac{e^{h\nu/kT}}{(e^{h\nu/kT} - 1)^2} \quad \text{"Einstein-Modell"}$$

zu 2.1 Exp. Grundlagen

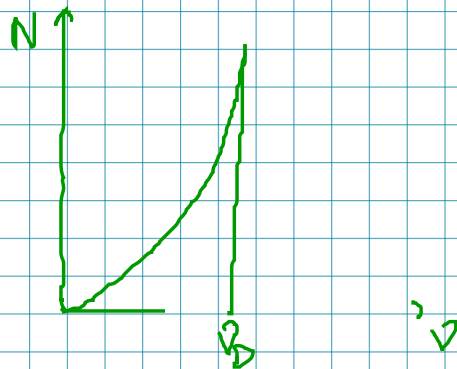
zu b) Molwärme von Festkörpern (1 Atom)

→ Grenzfälle.

$$\text{für } \frac{h\nu}{kT} \gg 1 \cdot 3R \left( \frac{h\nu}{kT} \right)^2 e^{-\frac{h\nu}{kT}} \rightarrow 0$$

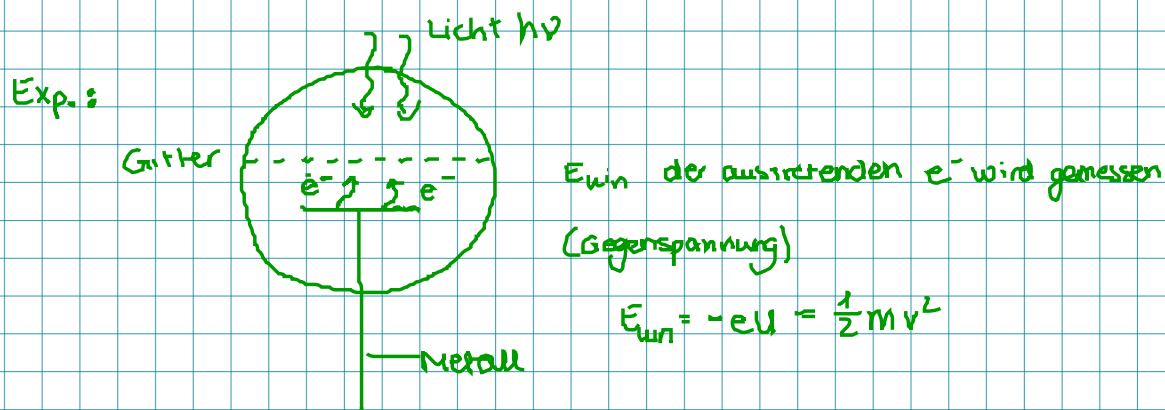
$$\text{für } \frac{h\nu}{kT} \ll 1 \cdot \rightarrow 3R$$

Debye. Frequenzspektrum



Frequenz-  
maß für die  
Bindungsstärke

c) Lichtelektrischer Effekt



→ Ergebnisse:

- 1) Mindestfrequenz  $\nu_0$  notwendig!
- 2)  $\nu > \nu_0$  ·  $E_{kin} \propto \nu$
- 3) " : Lichtintensität  $\uparrow$  Stromstärke  $\uparrow$

Einstein 1905: „Lichtquantenhypothese“

zu 2.1 Exp. Grundlagen

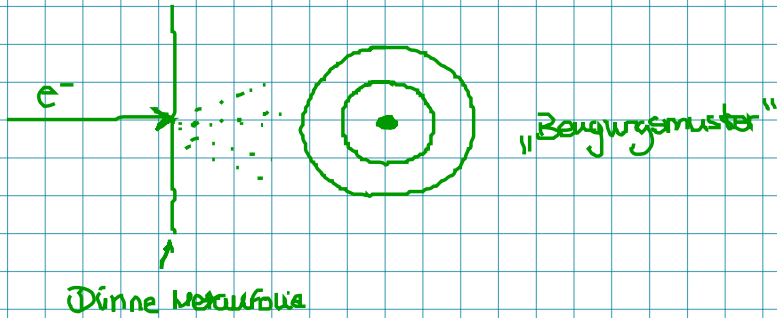
zur c) Lichtelektronischer Effekt

$$E_{\text{kin}} = h\nu - \phi$$

Austrittsarbeit  $\phi = h\nu_0$

d) Wellenlänge von Materieteilchen

Exp.



Beugung = Ergebnis-  
von Interferenzen

analog: Röntgenstrahlung

Neutronen

Theorie: de Broglie (1924)

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

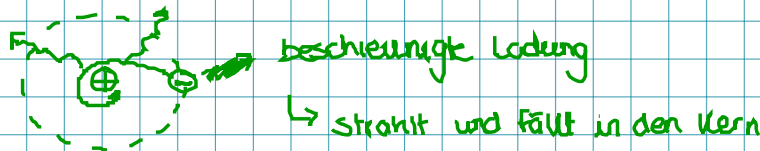
Elektro-magnetische Strahlung  $\rightarrow$  Teilcheneigenschaften

$e^-$  und andere Materieteilchen  $\rightarrow$  Welleneigenschaften

} "Welle-Teilchen-Dualismus"

2.2 Bohrsches Atommodell

Rutherford (1911)



a) kontinuierlich Strahlung

b) Atom nicht stabil

} Stimmt nicht!