

1. Eigenschaften von Strahlung

1.1. Einführung

Formel + Eingabe \rightarrow Lösung nein!

grundlegende Experimente:

klassisch falsch

Schrödinger Gleichung

selten lösbar

Intuition : klass. falsch

Erfahrung

Exp. , Konzept ?

Theorie welche Näherung ?

1.2 Hohlraumstrahlung

Absorptionsvermögen A_V

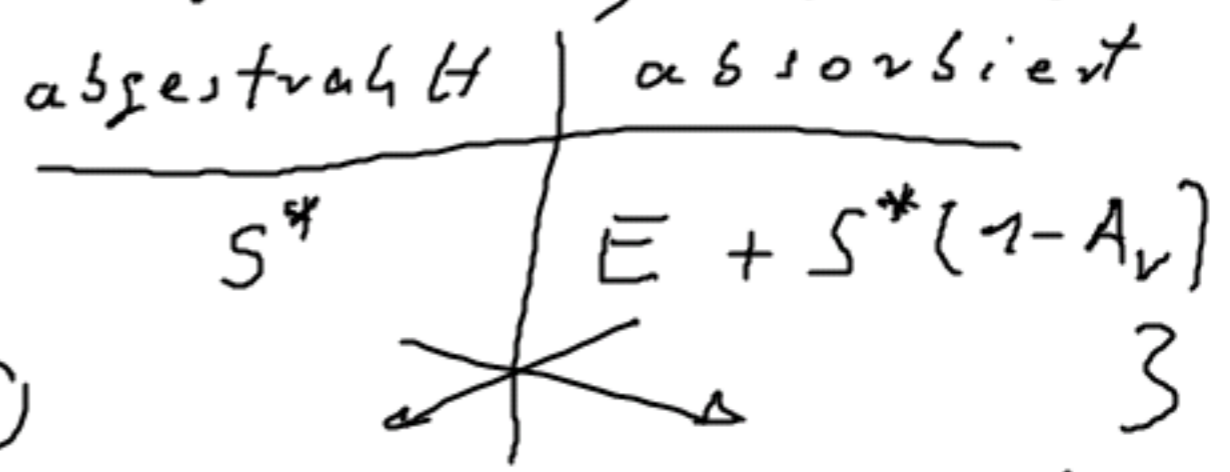
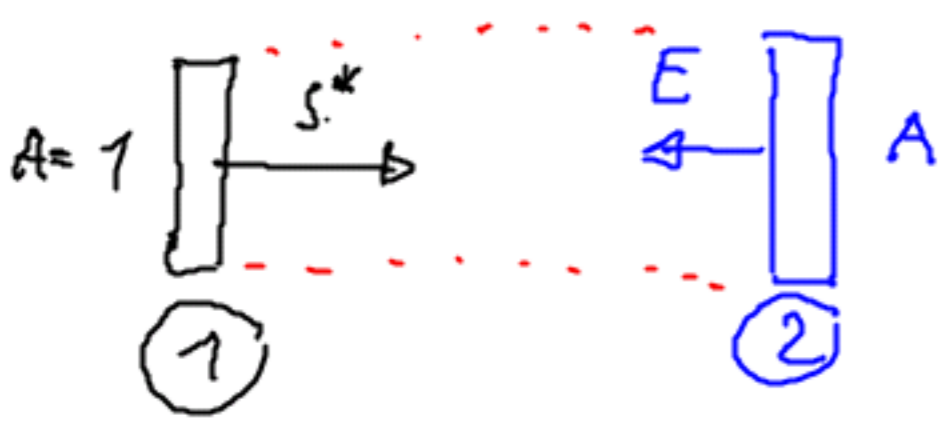
Reflexionsvermögen R_V

Emissionsvermögen E_V

Schwarzer Strahler

$$R_V + A_V = 1$$

$$A_V = 1 ; E_V = S_V^*$$



thermisches Gleichgewicht

$$S^* = E + S^* - S^* \cdot A$$

$$abg = abs$$

$$\frac{E_V(T)}{A_V(T)} = S_V^*(T)$$

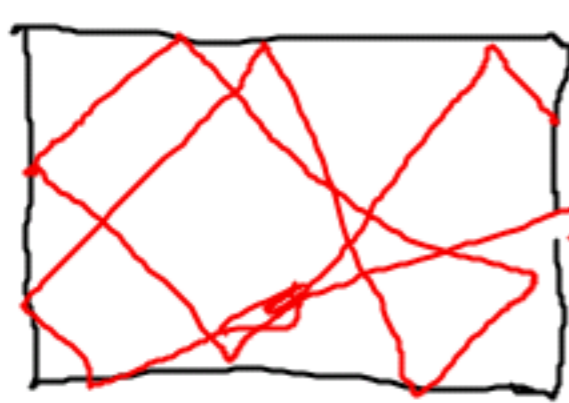
beliebig universell

Leslie Würfel



Lichtmühle!

Realisierung Hohlraumstrahler!



$$A_\nu = 1$$

spektrale Dichte

$$\Delta S_\nu^*$$

Spektrale Modendichte $n(\nu)$

Bemtröder 2 Kapitel (7.8, 2)

$$n(\nu) d\nu = \frac{8\pi}{c^3} \nu^2 d\nu$$

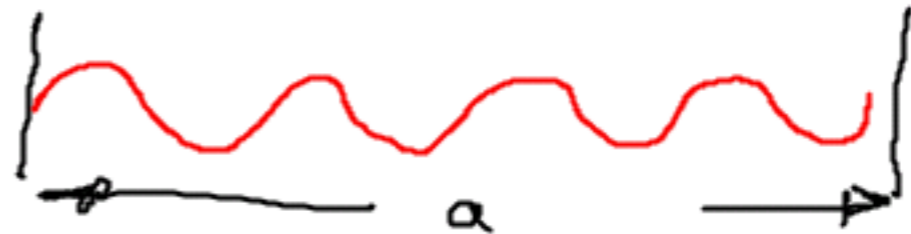
pro m^3

Moden

$$N \cdot \lambda = 2a \quad \nu = N \frac{c}{2a}$$

λ kleiner
 ν größer

mehr Nidv



$$\lambda \cdot \nu = c$$

1-dim $N(\nu) d\nu \sim \nu d\nu$
3-dim $\sim \nu^2 d\nu$

$$N \sim \nu \sim \frac{a}{c}$$

$$n(\nu) = \frac{N}{V} = \frac{N}{a^3} \sim \frac{1}{c^3}$$

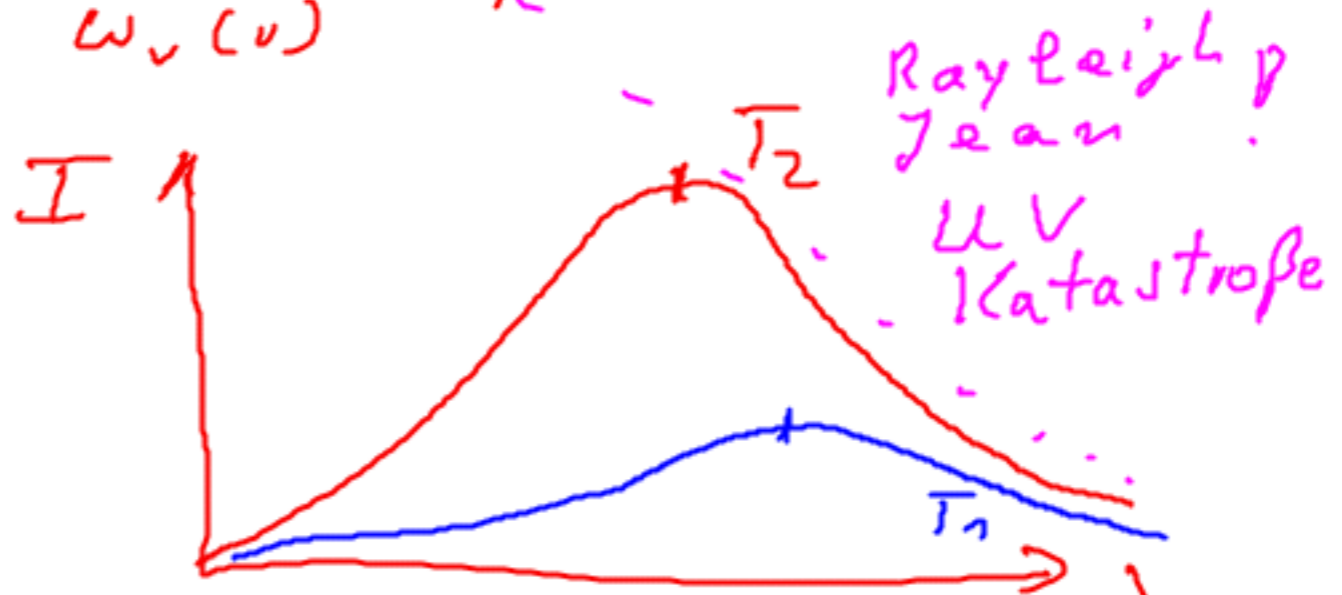
Energie dichte $u_\nu(\nu) d\nu$

$$u_\nu(\nu) d\nu = n(\nu) \cdot \overline{W_\nu}(T) d\nu$$

$$S_\nu(\nu) d\nu = \frac{c}{4\pi} u_\nu(\nu)$$

mittlere Energie pro Mode

klass. Erwartung
spez. Wärme



Energieinhalt = Freiheitsgrade $\times \frac{1}{2} kT$
(Gleichverteilungssatz)

$$u_\nu(\nu) d\nu = \frac{8\pi \nu^2}{c^3} d\nu \cdot kT$$

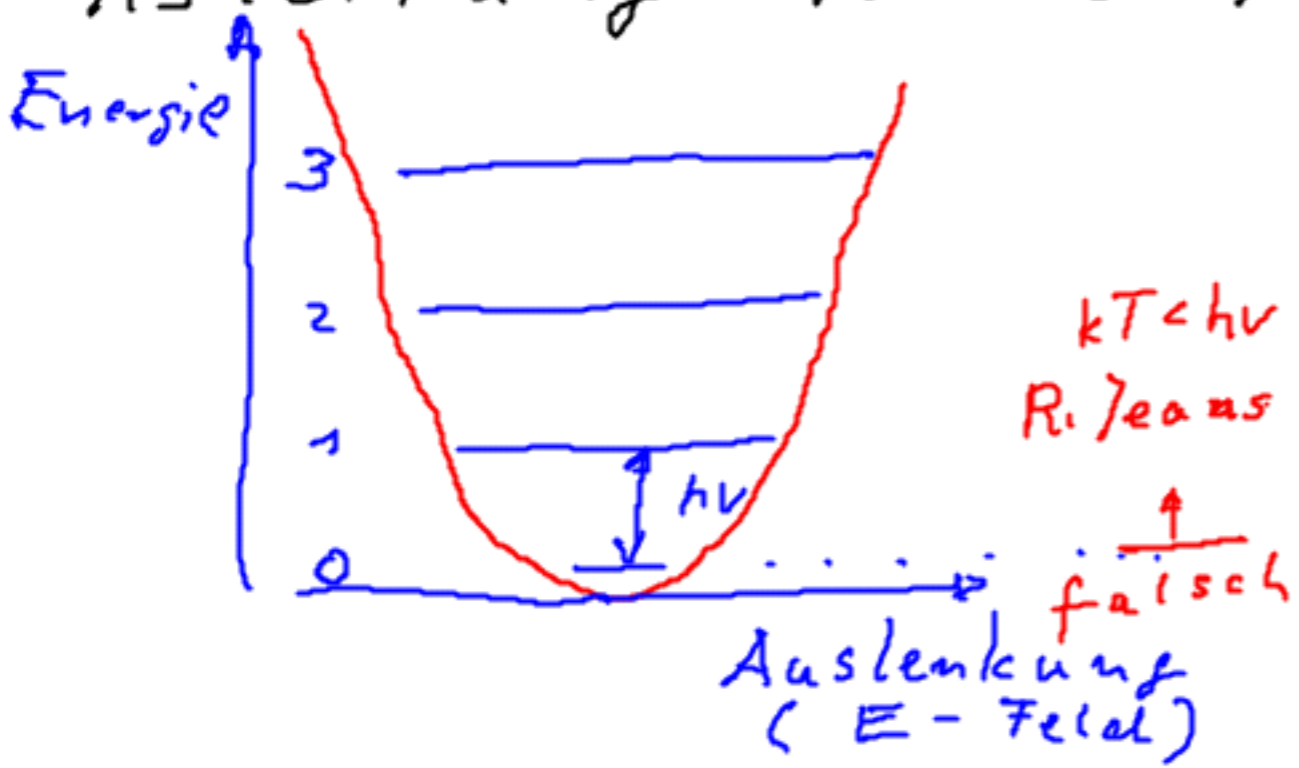
Planck: Quantenmechanik $W_\nu = n \cdot \underbrace{h\nu}_{\text{Photon}}$

$$\overline{W} = \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

perfekt
universell

$$u_\nu(\nu) d\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{d\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Ableitung \bar{W} aus $W = n \cdot h \cdot \nu$



$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

$$\bar{W} = \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT}}$$

1
Boson
Fermion

Beispiel: $m = 0.01 \text{ kg}$, $l = 0.1 \text{ m}$, $\alpha = 0.1 \text{ rad}$

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} = 1.6 \text{ s}^{-1}$$

$$E = m \cdot g \cdot l (1 - \cos\alpha) = 5 \times 10^{-5} \text{ J}$$

hohe Frequenzen

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const} = 0,29 \text{ cm} \cdot \text{K}$$

Wiensches Verschiebungsgesetz

Ableiten?

Stefan Boltzmann: Fläche?

$$\frac{dW}{dt} = \sigma \cdot T^4; \sigma = 5,67 \cdot 10^8 \text{ Wm}^{-2} \text{K}^{-4}$$

Universalität:

