Konsultation

zur Biophysik & Materialkunde

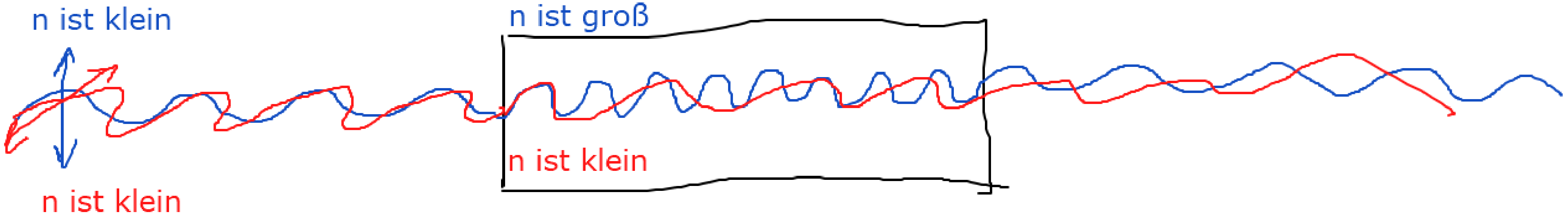
Gergely AGÓCS

12. November 2020.

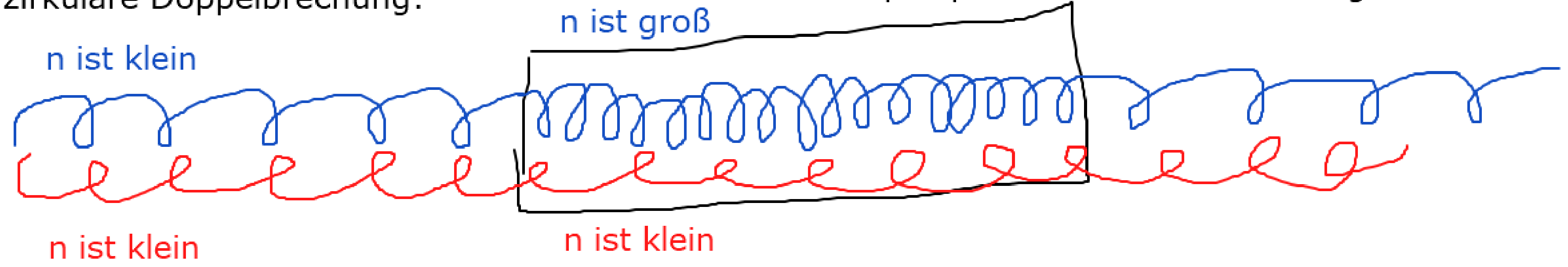
Doppelbrechung: ein Medium für unterschiedlich polarisierte Lichtstrahlen unterschiedliche Brechzahlen hat.

lineare Doppelbrechung: → z.B. Eislandspat ($CaCO_3$-Kristall) → Polarisator → Polarisationsmikroskop

→ Polarimeter



zirkulare Doppelbrechung: → optisch aktives Medium: die Schwingungsebene des planplolarisierten Lichts wird gedreht → Polarimetrie (Biot'sches Gesetz)



1.50. Wie viele thermische Fehlstellen sind in einem Eiweißmolekül, das 1400 Wasserstoffbrückenbindungen enthält bei Temperaturen von

a) 37 °C bzw.

b) 70 °C,

wenn die Bindungsenergie 18,8 kJ/mol beträgt?

E

gebrochene Wasserstoffbrücken

ΔE = 18 800 J/mol --- $\Delta\varepsilon$ = 3,122 J = 0,2 eV

"intakte" (nicht gebrochene) Wasserstoffbrücken

Boltzmann-Verteilung: Besetzung von Energieniveaus im thermischen Gleichgewicht

$$\boxed{\begin{aligned} \Delta\varepsilon \cdot N_A &= \Delta E \\ k_B \cdot N_A &= R \end{aligned}}$$

$$\frac{n_i}{n_0} = \underbrace{e^{-\frac{\Delta E}{RT}}}_{\text{molar}} = \underbrace{e^{-\frac{\Delta\varepsilon}{k_B T}}}_{\text{Atom}}$$

a)

$$\frac{n_i}{n_0} = e^{-\frac{18800\ J/mol}{8{,}314\ \frac{J}{mol\,K} \cdot (37+273)K}} = e^{-7{,}3} = 0{,}00068$$

$$n_i = n_0 \cdot 0{,}00068$$

$$1400 = n_i + n_0 = n_0 \cdot 0{,}00068 + n_0$$
$$= n_0 \cdot 1{,}00068$$

$$1399 = \frac{1400}{1{,}00068} = n_0$$

$$1 = n_1$$

$T = 70°C \longrightarrow 343\ K$

$$\frac{n_i}{n_0} = e^{-6{,}6} = 0{,}00137$$

$$n_i = n_0 \cdot 0{,}00137$$

$$n_0 = 1398$$
$$n_1 = 2$$

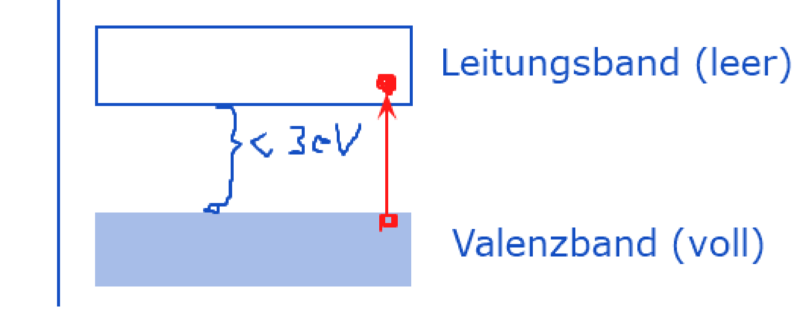
Isotropie - Anisotropie
isos = gleich
tropos = Richtung

isotropes Medium: die Charakteristiken sind von der Richtung unabhängig (in Allgemeinem Gase, Flüssigkeiten, amorphe feste Stoffe)
anisotropes Medium: die Charakteristiken sind richtungsabhängig (z.B. Flüssigkristalle, kristalline feste Stoffe)
- Eisland Spat: die Brechungsindex ist Richtungabhängig
- Graphit

isotroper Punktstrahler: strahlt in alle richtungen gleichmäßig: gleiche Intensität und gleiches Spektrum (z.B ung. Sonne)
anisotroper Strahler: Laser

dotierte Halbleiter

intrinsic Halbleiter (Si, Ge)



da die energiedifferenz zwischen Leitungsband und Valenzband < 3eV ist, können die Elektronen durch Wärme oder sichtbares Licht angeregt werden

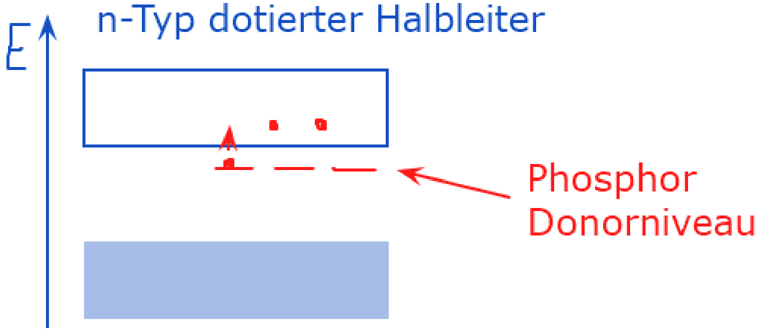
Ladungsträger:
Elektronen (Leitungsband)
Defektelektronen (Valenzband)

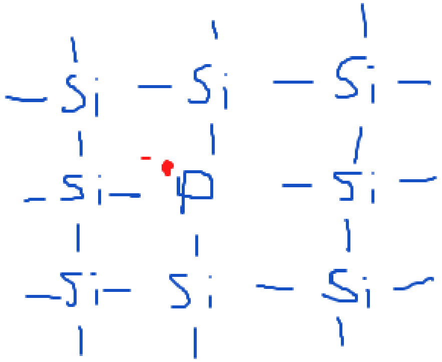
$2{,}5\ eV = 4 \times 10^{-19}\ J$

$$\frac{n_i}{n_0} = e^{-\frac{\Delta\varepsilon}{k_B T}} = e^{-97} = 5{,}722 \times 10^{-43}$$

$25 + 273$

n-Typ dotierter Halbleiter





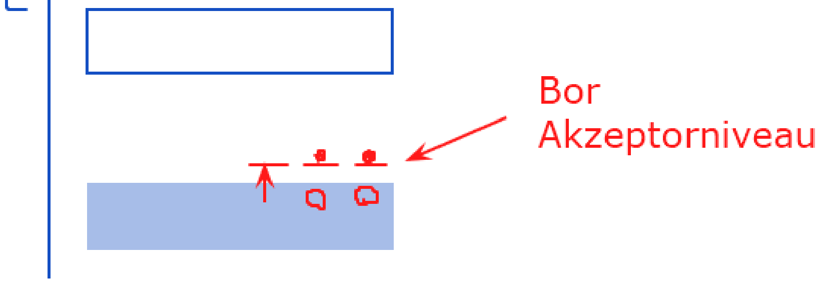
$1\ eV \longrightarrow \frac{n_i}{n_d} = 1{,}27 \times 10^{-17}$

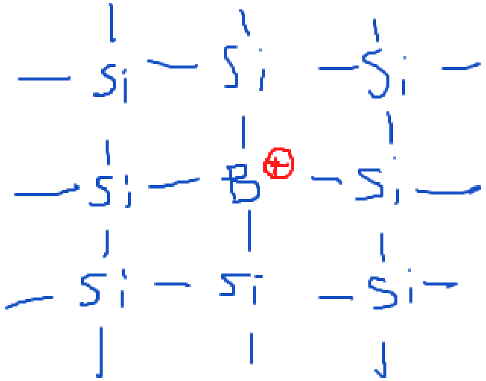
Aus 1 mol e^- (10^{23})

$\downarrow$

1 million

p-Typ dotierter Halbleiter





$5\ eV \longrightarrow \frac{n_i}{n_d} = 3{,}2 \times 10^{-85} \approx \underline{\underline{0}}$

$(8 \cdot 10^{-19}\ J)$

Die Zahl der Angeregten elektronen (im Leitungsband) ist von Δε SEHR stark abhängig

Wir haben die Grenze zwischen Halbleitern und Isolator bei 3 eV gestellt

Das Leitungsband überlappt mit dem Valenzband: Übergangsmetall Typ von Leiter

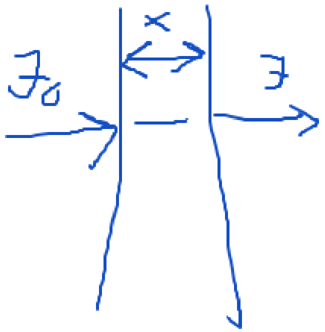
Alkalimetall Typ Leiter:

Das Valenzband ist nicht voll

9.4. Der lineare Schwächungskoeffizient von Muskelgewebe beträgt bei der Wellenlänge eines CO2-Lasers (10,6 um) 800 cm^−1, bei der Wellenlänge eines Nd-YAG-Lasers (1,06 um) 5,7 cm^−1. Wie dick ist die Muskelschicht, die 90% der Lichtintensität absorbiert bei den jeweiligen Lasern?

$x = ?$

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$



$$\frac{I}{I_0} = 10\% = 0{,}1$$

$$\log(a^b) = b \cdot \log(a)$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu \cdot x}$$

$$\log_a(a) = 1$$

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = \ln\left(e^{-\mu x}\right) = -\mu x \cdot \ln(e) = -\mu x$$

$$\frac{1}{\left(\frac{1}{cm}\right)} = 1 \cdot \frac{cm}{1} = cm$$

$$\ln(I/I_0) = -\mu x$$

$$\frac{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}{-\mu} = x$$

$$a)\ x = \frac{\ln(0{,}1)}{-800\ \frac{1}{cm}} = 0{,}00288\ cm = 0{,}0288\ mm = 28{,}8\ \mu m$$

$$b)\ x = \frac{\ln(0{,}1)}{-5{,}7\ \frac{1}{cm}} = 0{,}404\ cm = 4{,}04\ mm$$

1.40. Angenommen die Atmosphäre wäre ruhig und ihre Temperatur überall 5 °C. $\rightarrow 278\,K$
In welcher Höhe (Δh = ?) würde die Sauerstoffkonzentration
a) auf die Hälfte,
b) auf den e-ten Teil sinken?

$M_m(O_2) = 0{,}032\ kg/mol$

molare Masse !!! in kg/mol !!!

Masse eines Teilchens (kg)

Barometrische Höhenformel:

$$\frac{n_i}{n_0} = e^{-\frac{\Delta E}{RT}} \rightarrow \underbrace{\frac{c_i}{c_0} = \frac{p_i}{p_0} = e^{-\frac{M \cdot g \cdot \Delta h}{RT}}}\ \left(= e^{-\frac{m \cdot g \cdot \Delta h}{k_B \cdot T}} \right)$$

$n \sim p \sim c$

$$\ln\left(\frac{c_i}{c_0}\right) = -\frac{M \cdot g \cdot \Delta h}{RT}$$

$$-\frac{\ln\left(\frac{c_i}{c_0}\right) \cdot R \cdot T}{M \cdot g} = \Delta h$$

a) $\frac{c_i}{c_0} = 0{,}5$

$$\Delta h = -\frac{\ln(0{,}5) \cdot 8{,}314\,\frac{J}{mol \cdot K} \cdot 278\,K}{0{,}032\,\frac{kg}{mol} \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}} = 5103\,m$$

b) $\frac{c_i}{c_0} = \frac{1}{e} = e^{-1}$

$\ln(e^{-1}) = -1$

$$\Delta h = 7363\,m$$

$$\frac{\frac{J}{mol \cdot \cancel{K}} \cdot \cancel{K}}{\frac{kg}{mol} \cdot \frac{m}{s^2}} = \frac{\frac{N \cdot m}{mol}}{\frac{N}{mol}} = \frac{\cancel{N} \cdot m}{mol} \cdot \frac{mol}{\cancel{N}} = m$$

$J = Nm$

$\frac{kg \cdot m}{s^2} = N$

1.44. Die Oberfläche eines Wassertropfens beträgt 150 mm^2.
Welche Energie ist nötig zur Vergrößerung der Oberfläche um 10%?

Oberflächenspannung / Oberflächenarbeit

$$\gamma = \frac{\Delta E}{\Delta A}$$

$$\gamma(H_2O, 25\,°C) = 72\ \frac{mJ}{m^2} = 0{,}072\ \frac{J}{m^2}$$

$$\Delta A = 150\ mm^2 \cdot 10\% = 15\ mm^2 = 0{,}000015\ m^2$$

$$\Delta E = \gamma \cdot \Delta A = 0{,}072\ \frac{J}{\cancel{m^2}} \cdot 0{,}000015\ \cancel{m^2} = 1{,}08 \times 10^{-6}\ J = \underline{\underline{1{,}08\ \mu J}}$$

1.36. Berechnen Sie die mittlere Geschwindigkeit der Moleküle in Stickstoffgas (unter der Vereinfachung, dass Durchschnitt von v^2 = (Durchschnitt von v)^2) und lesen Sie die Modalwerte für die Geschwindigkeit in der Abbildung bei einer Temperatur von
a) 273 K,
b) 1273 K ab.

Das kinetische Gasmodell:

$\overline{\varepsilon_{kin}} = \frac{1}{2}\mu \cdot \overline{v^2} = \frac{3}{2} \cdot k_B T$ für ein Teilchen

$\overline{E_{kin}} = \frac{1}{2} M \cdot \overline{v^2} = \frac{3}{2} \cdot R \cdot T$ für ein Mol Teilchen

$M v^2 = 3 \cdot R T$

$v^2 = \frac{3RT}{M}$

$v = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

$6{,}022 \times 10^{23} \frac{1}{mol}$

J $\varepsilon \cdot N_A = E$ J/mol

kg $\mu \cdot N_A = M$ kg/mol !!!

$\frac{J}{K}$ $k_B \cdot N_A = R$ $\frac{J}{Mol \cdot K}$

N_2 $2 \cdot 14$ g/mol

$M = 28 \frac{g}{mol} = 0{,}028 \frac{kg}{mol}$

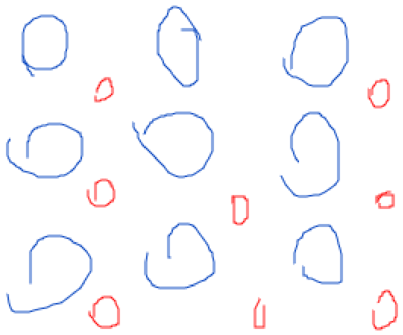
a) $T = 273 K$

$v = \sqrt{\frac{3 \cdot 8{,}314 \frac{J}{mol\,K} \cdot 273 K}{0{,}028 \frac{kg}{mol}}} = \sqrt{245185 \frac{m^2}{s^2}} = 493 \frac{m}{s}$

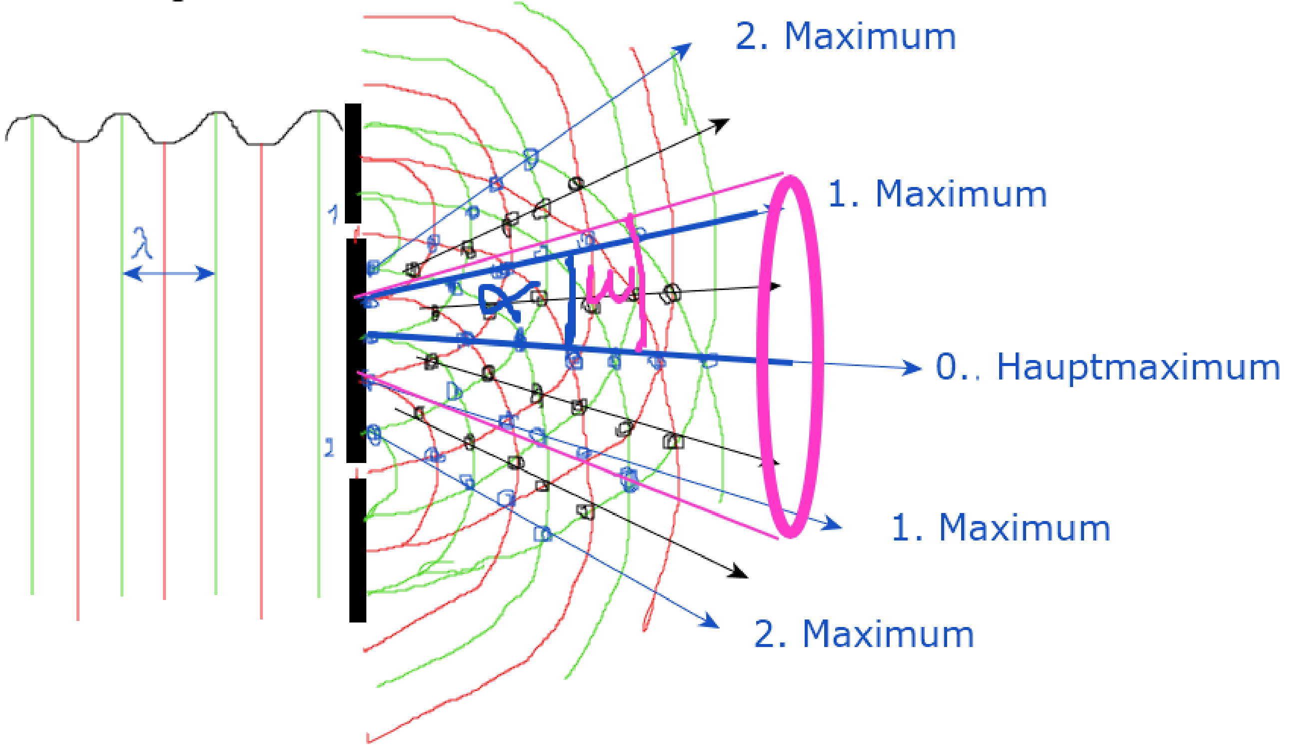
$\frac{\frac{J}{mol\,\cancel{K}} \cdot \cancel{K}}{\frac{kg}{mol}} = \frac{J}{\cancel{mol}} \cdot \frac{\cancel{mol}}{kg} = \frac{J}{kg} = \frac{\cancel{kg}\frac{m}{s^2} \cdot m}{\cancel{kg}} = \frac{m^2}{s^2}$

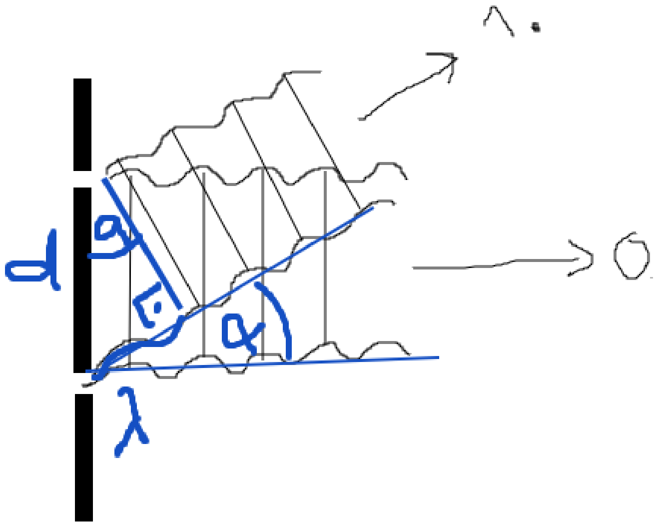
b) $T = 1273 K \longrightarrow 1064 \frac{m}{s}$

Punkt-Defekte



Herleitung der Abbe-Formel





Wellenberg + Wellenberg = konstruktive Interferenz

Wellental + Wellental = konstruktive Interferenz

Wellenberg + Wellental = desktruktive Interferenz

$$\sin(\alpha_1) = \frac{\lambda}{d}$$

$$\sin(\alpha_k) = \frac{k \cdot \lambda}{d}$$

Beugungs Winkel k-ter Ordnung

$\delta = \min(d)$

Abbe-Prinzip: α1 <= ω

$$\sin(\alpha_1) \leq \sin\omega$$

$$\frac{\lambda}{d} \leq \sin\omega$$

$$\frac{\lambda_v}{n \cdot \sin\omega} = \frac{\lambda}{\sin\omega} \leq d$$

$$0{,}61 \cdot \frac{\lambda_v}{n \cdot \sin\omega} = \delta$$

Abbe-Formel

$$\frac{\lambda_v}{\lambda} = \frac{c_v}{c} = n$$

$$\lambda = \frac{\lambda_v}{n}$$