

Übungsblatt 1

1)

- a) 1 Mol einer Substanz enthält jeweils die gleiche Anzahl (N_L) von Atomen bzw. Molekülen. 1 Mol entspricht der Anzahl von ^{12}C -Atomen, deren Masse zusammen 12,000 g ergibt.

Die so definierte Zahl N_L heißt Loschmidt-Zahl, es gilt

$$N_L = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}.$$

- b) Molare Masse = Masse pro Mol.

Da die Masse eines ^{12}C -Atoms zur Definition der atomaren Masseneinheit u benutzt wird ($1u = \frac{1}{12}$ der Masse eines ^{12}C -Atoms), gilt, daß 1 Mol eines Stoffes so viel Gramm ist, wie ~~das~~ das relative Atomgewicht angibt. 1 Mol Kohlenstoff (^{12}C) sind also 12 Gramm.

c) $m_{\text{Molekül}}(\text{O}_2) \approx 2 \cdot 16u = 32 \cdot 1,660565 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 5,31 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

d) $m_H(\text{H}_2\text{O}) \approx 2 m_H(\text{H}) + m_H(\text{O}) = 2 \cdot 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

(Bem.: Chemische Bindungsenergie kann gegenüber Ruheenergien vernachlässigt werden)

e) $m_{\text{Luft}} = 0,2 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 0,8 \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$$V_H = \frac{m_H}{\rho} = 0,022 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

$$\frac{N}{N_L} = \frac{V}{V_H}$$

$$N = \frac{V}{V_H} \cdot N_L = \frac{10^{-6} \text{ m}^3}{0,022 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 2,7 \cdot 10^{19}$$

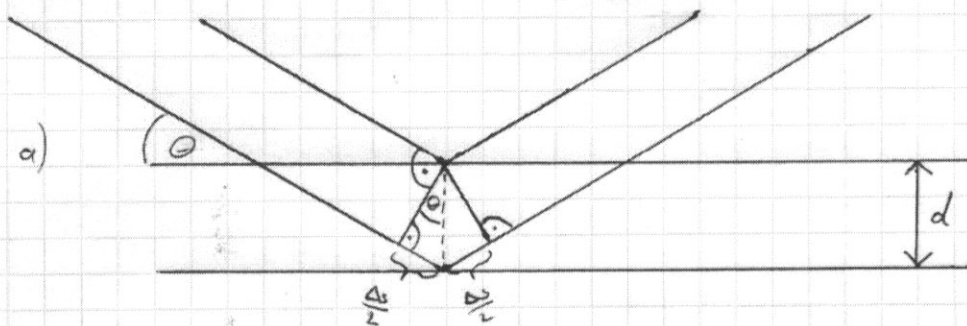
also insgesamt $2,7 \cdot 10^{19}$ Stickstoff- und Sauerstoffmoleküle pro cm^3 Luft.

f) Diamant

wie e): $\frac{N}{N_L} = \frac{V}{V_H}$

$$\frac{N}{V} = \frac{N_L}{V_H} = \frac{N_L}{\frac{m_H}{\rho}} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}}{\frac{12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{3,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}} = 1,8 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{cm}^3}$$

2)



Gangunterschied $\Delta s = 2 \cdot \frac{\Delta s}{2} = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$

Konstruktive Interferenz, wenn Gangunterschied ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge:

$$2 d \sin \theta_n = n \cdot \lambda$$

b) $d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{2 \cdot 0,154 \text{ nm}}{2 \cdot \sin(29,4^\circ)} = 0,31 \text{ nm} = 3,1 \text{ \AA}$

c) $m_{\text{Ez}} = \rho \cdot V_{\text{Ez}} = \rho \cdot d^3 = 5,96 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

$m_{\text{W}} = 183,85 \text{ u} = 3,05 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

$\Rightarrow 2 \text{ Atome / Ez} \quad (\text{bcc-Gitter})$

3) a) $m_H = 20,81 \frac{g}{mol}$ Zählender! $m_H = 20,18 \frac{g}{mol}$

$$V_M = \frac{m_H}{\rho} \stackrel{!}{=} \frac{1}{0,74} \cdot \frac{4}{3} \pi r_a^3 N_L$$

$$r_a = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \frac{m_H \cdot 0,74}{\rho \pi N_L}} = 1,56 \text{ \AA}$$

b) Van-der-Waals-Gleichung:

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) (V - b) = RT$$

Das freie Volumen V des Gases ist um das Kovolumen b verringert. Dafür wird für jede Molekül das vierfache Eigenvolumen vorgesehen:

$$b = 4 N_L \frac{4\pi}{3} r^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3b}{16\pi N_L}} = 1,19 \text{ \AA}$$

c) aus Kovolumen: analog zu b) $r = 1,381 \text{ \AA}$

aus Viskosität:

Freie Weglänge $\bar{L} = \frac{1}{\frac{N}{V} \pi (2r)^2 \sqrt{2}}$

↑ die gestoßenen Atome bewegen sich auch.

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{L} \bar{v}$$

mit $\bar{v}$ aus Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8}{\pi} \frac{1}{m_i} k_B T}$$

$$\eta = \frac{1}{3} \frac{m_H}{V_H} \frac{1}{\frac{N_L}{V_H} 4\pi r^2 \sqrt{2}} \sqrt{\frac{8}{\pi} \frac{k_B T}{m_H}} N_L = \frac{\frac{m_H}{N_L} \sqrt{\frac{8}{\pi} k_B T} \frac{N_L}{m_H}}{12\pi \sqrt{2} r_0^2}$$

$$r_0^2 = \frac{1}{6\eta} \frac{\sqrt{k_B T} \frac{m_H}{N_L}}{\pi \sqrt{2}} \quad \text{mit } T = 293 \text{ K und } m_H = 2,016 \frac{g}{mol}$$

$$\Rightarrow r_0 = 1,122 \text{ \AA}$$

4)

homogen geladene Kugel: $\rho = \frac{-e}{\frac{4\pi}{3} r_e^3}$

Zusammenfügen infinitesimaler Mengen:



$$q_1 = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho$$

$$q_2 = 4\pi r^2 dr \rho$$

$$dE_{\text{el}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{el}} &= \int_0^{r_e} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\frac{4\pi}{3} r^3 \frac{-e}{\frac{4\pi}{3} r_e^3} 4\pi r^2 dr \frac{-e}{\frac{4\pi}{3} r_e^3}}{r} \\ &= \frac{3}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_e^6} \int_0^{r_e} r^4 dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3}{5} \frac{e^2}{r_e} \end{aligned}$$

$$E_{\text{el}} \stackrel{!}{=} m_{e0} c^2 = 0,511 \text{ MeV}$$

$$r_e = \frac{3}{5} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_{e0} c^2} = 1,72 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

Vgl. Vorlesung: „Kugelkondensator“

$$E_{\text{el}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_e} \stackrel{!}{=} m_{e0} c^2 \Rightarrow \text{klassischer } e^- \text{-Radius } r_e = 2,8 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$