

Übungsblatt 1

Aufgabe 1:

a) Ein Mol einer Substanz enthält jeweils die gleiche Anzahl N_L von Atomen oder 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, oder Avogadro-Zahl, wobei $N_L = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ ist.

b) Die molare Masse entspricht der Masse pro Mol. Da die Masse eines ^{12}C -Atoms zur Definition der atomaren Masseinheit u benutzt wird, wobei $1 u = \frac{1}{12}$ der Masse eines ^{12}C -Atoms entspricht, ergibt sich, daß 1 Mol eines Stoffes soviel Gramm ist, wie das relative Atomgewicht angibt.

$$\begin{aligned} \text{z.B. } 1 \text{ Mol } ^{12}\text{C} &\hat{=} 12 \text{ g} \\ 1 \text{ Mol } ^4\text{He} &\hat{=} 4,003 \text{ g} \\ 1 \text{ Mol } ^{16}\text{O} &\hat{=} 15,999 \text{ g} \\ 1 \text{ Mol } \text{O}_2 &\hat{=} 31,998 \text{ g} \\ &\vdots \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{d) } m_m(\text{H}_2\text{O}) &\approx 2 \cdot m_m(\text{H}) + m_m(\text{O}) = 2 \cdot 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 15,999 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \\ &= 18,017 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

Wasser: H_2O ; HDO (halbschweres Wasser); D_2O (schweres Wasser); $m_m(\text{D}) = 2,014 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$\Rightarrow m_m(\text{HDO}) = 17,027 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$; $m_m(\text{D}_2\text{O}) = 20,027 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
[Bemerkung: Die chem. Bindungsenergie ist gegenüber der Ruhemasse vernachlässigbar]

e)

$$m_m(\text{Luft}) = 0,2 \cdot m_m(\text{O}_2) + 0,8 \cdot m_m(\text{N}_2) \\ = 0,2 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 0,8 \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$V_m(\text{Luft}) = \frac{m_m(\text{Luft})}{\rho_{\text{Luft}}} = \frac{28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,022 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

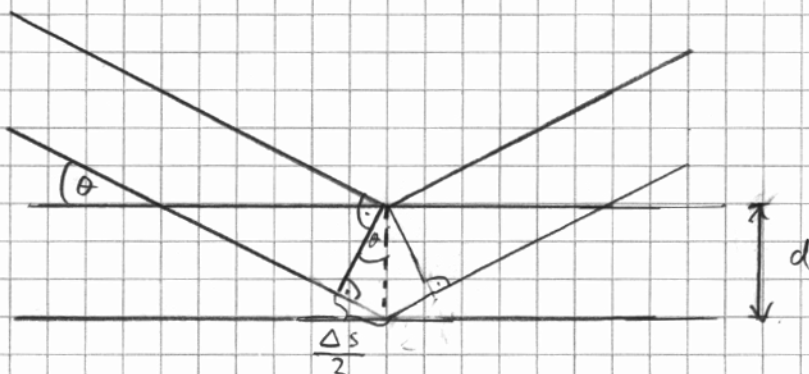
$$n = \frac{V}{V_m(\text{Luft})} \cdot N_L = \frac{1 \text{ cm}^3}{0,022 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \\ = 2,7 \cdot 10^{19}$$

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

Aufgabe 2:

a)

Skizze:



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

Konstruktive Interferenz, wenn Gangunterschied ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge:

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

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

c) $m_{\text{EZ}} = \rho \cdot V_{\text{EZ}} = \rho \cdot d^3 = 19,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot (0,31 \text{ nm})^3 \\ = 5,75 \cdot 10^{-22} \text{ g} = 5,75 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

$m_m(\text{W}) = 183,85 \text{ u} = 3,05 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$
 $\Rightarrow 2 \text{ Atome / EZ (bcc-Gitter)}$

Aufgabe 3:

$$a) \quad V_m(\text{Ne}) = \frac{m_m(\text{Ne})}{\rho} = \frac{1}{0,74} \cdot \frac{4}{3} \pi r_a^3 N_L$$

$$r_a = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \frac{m_m(\text{Ne}) \cdot 0,74}{\rho \pi N_L}} = 0,156 \text{ nm}$$

$$b) \quad \text{Van-der-Waals-Gl.: } \left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = R \cdot T$$

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

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

$$r = \sqrt[3]{\frac{3b}{16\pi N_L}}$$

$$= 0,119 \text{ nm}$$

$$c) \quad \text{Aus dem Kovolumen ergibt sich analog zu b) } r = 0,1381 \text{ nm}$$

$$\text{Mittlere freie Weglänge: } \bar{l} = \frac{1}{n \sigma \sqrt{2}}$$

← Beide Stoßpartner bewegen sich!

$$\text{Wirkungsquerschnitt: } \sigma = \pi (2 \cdot r)^2$$

$$n = \frac{N_L}{V}$$

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{l} \bar{v} \quad ; \text{ mit } \bar{v} \text{ aus Maxwell'scher Geschwindigkeitsverteilung } \bar{v} = \sqrt{\frac{8}{\pi} \frac{1}{m_{H_2}} k_B T}$$

$$\eta = \frac{1}{3} \frac{m_m}{V_m} \frac{1}{\frac{N_L}{V_m} \frac{1}{4\pi r^2 \sqrt{2}}} \sqrt{\frac{8}{\pi} \frac{k_B T}{m_m} N_L}$$

$$= \frac{\frac{m_m}{N_L} \sqrt{\frac{8}{\pi} k_B T \frac{N_L}{m_m}}}{12 \pi \sqrt{2} r_0^2}$$

$$r_0^2 = \frac{1}{6\eta} \frac{\sqrt{k_B T \frac{N_L}{m_m}}}{\pi^{3/2}}$$

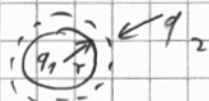
mit $T = 293 \text{ K}$ und $m_m = 2,016 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$$\Rightarrow r_0 = 0,1722 \text{ nm}$$

Aufgabe 4

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

Zusammenfügen infinitesimale Menge:



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

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

$$dE_{ES} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$

$$E_{ES} = \int_0^{r_e} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4\pi}{3} r^3 (-e) \frac{1}{\frac{4}{3}\pi r_e^3} 4\pi r^2 dr (-e) \frac{1}{\frac{4}{3}\pi r_e^3} \frac{1}{r}$$

$$= \frac{3}{4} \frac{1}{\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_e^6} \int_0^{r_e} r^4 dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3}{5} \frac{e^2}{r_e}$$

$$E_{ES} \stackrel{!}{=} m_e c^2 = 0,511 \text{ MeV}$$

$$r_e = \frac{3}{5} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2} = 1,75 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$