

### 3.1 Základní poznatky

3.1 Určete klidovou hmotnost  $m_a$  atomu uhlíku a atomu železa.

C:  $A_r = 12$ , Fe:  $A_r = 56,8$ ,  $m_u = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg;  $m_a = ?$

$m_a = A_r m_u$ . Pro uhlík  $m_a = 1,99 \cdot 10^{-26}$  kg, pro železo  $m_a = 9,27 \cdot 10^{-26}$  kg.

3.2 Určete klidovou hmotnost  $m_m$  molekuly vody  $H_2O$  a molekuly oxidu uhličitého  $CO_2$ .

$H_2O$ :  $M_r = 18$ ,  $CO_2$ :  $M_r = 44$ ,  $m_u = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg;  $m_m = ?$

$m_m = M_r m_u$ , pro vodu  $m_m = 2,99 \cdot 10^{-26}$  kg, pro oxid uhličitý  $m_m = 7,31 \cdot 10^{-26}$  kg.

3.3 Určete molární hmotnost  $M_m$  vody  $H_2O$  a oxidu uhličitého  $CO_2$ .

$H_2O$ ,  $CO_2$ ;  $M = ?$

$M = M_r \cdot 10^{-3}$  kg  $\cdot$  mol $^{-1}$ ; pro vodu  $M_r = 18$ ,  $M = 18 \cdot 10^{-3}$  kg  $\cdot$  mol $^{-1} = 18$  g  $\cdot$  mol $^{-1}$ .

Pro oxid uhličitý  $M_r = 44$ ,  $M = 44 \cdot 10^{-3}$  kg  $\cdot$  mol $^{-1} = 44$  g  $\cdot$  mol $^{-1}$ .

3.4 Určete přibližný počet molekul v 1 kg vody  $H_2O$ .

$m = 1$  kg;  $N = ?$

Počet molekul ve vodě  $H_2O$  o hmotnosti  $m$  je  $N = m/m_m$ , kde  $m_m$  je hmotnost jedné molekuly. Tu určíme ze vztahu  $m_m = M_r m_u$ , kde  $M_r$  je relativní molekulová hmotnost vody a  $m_u$  je atomová hmotnostní konstanta. Proto počet molekul

$$N = \frac{m}{M_r m_u}.$$

Relativní molekulová hmotnost  $M_r$  je součet relativních hmotností atomů vytvářejících molekulu. U molekuly vody  $H_2O$  je  $M_r = 18$ . Po dosazení číselných hodnot dostáváme

$$N = \frac{1 \text{ kg}}{18 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 3,35 \cdot 10^{25}.$$

3.5 Jaký je přibližný počet atomů, který je obsažen v železném závaží o hmotnosti 1 kg?

$m = 1$  kg, Fe:  $A_r = 56,8$ ,  $m_u = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg;  $N = ?$

$$N = \frac{m}{A_r m_u} \approx 1 \cdot 10^{25}$$

3.6 Kolik atomů obsahuje krychlička olova o hmotnosti 500 g?

$m = 500$  g = 0,5 kg, Pb:  $A_r = 207$ ,  $m_u = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg;  $N = ?$

$$N = \frac{m}{A_r m_u} = 1,45 \cdot 10^{24}$$

**3.7** Jaké je látkové množství  $n$  vody o objemu 1 litr, je-li hustota vody  $1\,000\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ?

$V = 1\text{ litr} = 1 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ ,  $\rho = 1\,000\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ :  $M_r = 18$ ;  $n = ?$

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M_r m_u N_A} = \frac{V\rho}{M_r m_u N_A} = 56\text{ mol}$$

**3.8** Jaké je látkové množství  $n$  oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$  o hmotnosti 1 kg?

$\text{CO}_2$ :  $m = 1\text{ kg}$ ,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ ;  $n = ?$

$$n = \frac{m}{M}$$

Pro  $\text{CO}_2$  je  $M = 44 \cdot 10^{-3}\text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ , tedy  $n = 22,7\text{ mol}$ .

**3.9** Můžeme do odměrného válce o objemu  $15\text{ cm}^3$  nalít vodu o látkovém množství 1 mol?

$\text{H}_2\text{O}$ :  $V = 15\text{ cm}^3 = 15 \cdot 10^{-6}\text{ m}^3$ ,  $n = 1\text{ mol}$ .

Nemůžeme, objem jednoho molu vody je  $V_m = 18 \cdot 10^{-6}\text{ m}^3 = 18\text{ cm}^3$ .

**3.10** Jaké látkové množství představuje  $5 \cdot 10^{24}$  atomů vodíku?

$N = 5 \cdot 10^{24}$ ,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ ;  $n = ?$

$$n = \frac{N}{N_A} = 8,3\text{ mol}$$

**3.11** Určete molární objem  $V_m$  oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$  při teplotě  $0\text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku  $1,013\,25 \cdot 10^5\text{ Pa}$ , je-li za těchto podmínek jeho hustota  $1,951\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

$\text{CO}_2$ :  $M = 44 \cdot 10^{-3}\text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T = 273\text{ K}$ ,  $p = 1,013\,25 \cdot 10^5\text{ Pa}$ ,

$\rho = 1,951\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $V_m = ?$

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{VM}{m} = \frac{M}{\rho} = 22,6\text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

**3.12** Jaký je objem vzduchu v litrech o látkovém množství 1 mol při teplotě  $0\text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku  $10^5\text{ Pa}$ ?

$n = 1\text{ mol}$ ,  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 1 \cdot 10^5\text{ Pa}$ ,  $p_a = 1,013\,25 \cdot 10^5\text{ Pa}$ ;  $V_m = ?$

$$V_m = 22,411 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = V_m \frac{p_a}{p} = 22,71$$

**3.13** V uzavřené nádobě je plynný oxid uhličitý  $\text{CO}_2$  o hmotnosti 550 g. Vadným ventilem uniká z nádoby za 1 minutu průměrně  $10^{21}$  molekul  $\text{CO}_2$ . Za jakou dobu uniknou z nádoby za tohoto předpokladu všechny molekuly plynu? Prostor, do kterého plyn uniká, je dostatečně velký.

$$m = 550 \text{ g} = 0,55 \text{ kg}, t_0 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, N_0 = 10^{21}; t = ?$$

Počáteční počet molekul plynu v nádobě je  $N = nN_A$ , kde  $n$  je látkové množství plynu v nádobě a  $N_A$  je Avogadrova konstanta. Látkové množství plynu o dané hmotnosti  $m$  je  $n = m/M$ , kde  $M$  je molární hmotnost plynu, pro  $\text{CO}_2$  je  $M = 44 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Po dosazení do prvního vztahu je

$$N = \frac{mN_A}{M}$$

Jestliže za dobu  $t_0$  unikne z nádoby  $N_0$  molekul plynu, pak  $N$  všech molekul plynu unikne za dobu

$$t = \frac{N}{N_0} t_0 = \frac{mN_A t_0}{MN_0}$$

Před dosazením číselných hodnot určíme jednotku výsledku

$$[t] = \frac{\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}}{\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}} = \text{s}.$$

Pro dané hodnoty je doba  $t = 451\,500 \text{ s} = 125 \text{ h}$ .

**3.14** Z povrchu kapky benzínu o objemu  $10 \text{ mm}^3$  se vypaří za dobu 1 s průměrně  $10^{18}$  částic. Za jakou dobu se vypaří celá kapka? Předpokládáme, že hustota benzínu je  $700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  a jeho molární hmotnost  $108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

$$V = 10 \text{ mm}^3 = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3, t_0 = 1 \text{ s}, N_0 = 1 \cdot 10^{18}, \rho = 700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3},$$

$$M = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,108 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}, N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}; t = ?$$

$$t = \frac{\rho V N_A}{M N_0} t_0 = 39 \text{ s}$$

**3.15** Předpokládejte, že z povrchu vodní kapky o objemu  $1 \text{ mm}^3$  se vypařuje každou sekundu právě 1 milion molekul. Za jakou dobu se vypaří celá kapka?

$$V = 1 \text{ mm}^3 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3, t_0 = 1 \text{ s}, N_0 = 1 \cdot 10^6, \rho = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3},$$

$$M = 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}, N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}; t = ?$$

$$t = \frac{\rho V N_A}{M N_0} t_0 = 3,3 \cdot 10^{13} \text{ s} \approx 10^6 \text{ roku}$$