

2.1.7 Molární veličiny I

Předpoklady: 2106

Opakování z minulé hodiny:

- Atom uhlíku ${}^{12}_6\text{C}$ je 12 x těžší než atom ${}^1_1\text{H}$. $\Rightarrow A_r({}^{12}_6\text{C}) = 12$
- Potřebujeme $6,02 \cdot 10^{23}$ atomů uhlíku ${}^{12}_6\text{C}$ abychom dohromady získali 12 g látky.
- Pokud máme $6,02 \cdot 10^{23}$ částic látky, říkáme, že máme 1 mol této látky.

Př. 1: Urči počet molů látky, která obsahuje 10^{25} částic.

Dvě možnosti řešení:

použití vzorce:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{10^{25}}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ mol} = 16,6 \text{ mol}$$

přímá úměrnost:

1 mol	...	$6,02 \cdot 10^{23}$ částic
x molů	...	10^{25} částic

$$\frac{x}{10^{25}} = \frac{1}{6,02 \cdot 10^{23}}$$

$$x = \frac{10^{25}}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ mol} = 16,6 \text{ mol}$$

10^{25} částic obsahuje 16,6 molu látky.

Př. 2: Urči hmotnost jednoho molu vody.

Využijeme výsledky jednoho z předchozích příkladů:

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1,0079 + 15,999 = 18,015$$

$$m_m = M_r \cdot m_u = 18,015 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 2,9915 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

přímá úměrnost:

1 molekula	...	$2,9915 \cdot 10^{-26}$ kg
$6,02 \cdot 10^{23}$ molekul	...	x kg

$$\frac{x}{2,9915 \cdot 10^{-26}} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{1}$$

$$x = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2,9915 \cdot 10^{-26} \text{ kg} = 0,0180 \text{ kg} = 18,0 \text{ g}$$

1 mol vody má hmotnost 18 g.

Pozoruhodná shoda: hmotnost 1 molu vody v gramech se rovná jeho relativní molekulové hmotnosti

Př. 3: Urči z paměti hmotnost jednoho molu atomového vodíku ${}^1_1\text{H}$. Vysvětli, proč se hmotnost 1 molu vody číselně rovná jeho relativní molekulové hmotnosti v gramech. Bude stejná shoda platit i u ostatních látek?

Víme: 1 mol uhlíku ${}^{12}_6\text{C}$ ($6,02 \cdot 10^{23}$ atomů) váží 12 g (určili jsme si 1 mol tak, aby to platilo)

$A_r({}^1_1\text{H}) = 1 \Rightarrow$ atom vodíku je 12x lehčí než atom uhlíku

1 mol atomů ${}^1_1\text{H}$ - stejné množství atomů jako obsahuje 12 g uhlíku ${}^{12}_6\text{C}$, každý atom je 12x lehčí \Rightarrow celková hmotnost bude 12x menší \Rightarrow 1 mol atomového vodíku ${}^1_1\text{H}$ váží 1 g

1 mol molekul H_2O - stejné množství částic jako v 1 molu atomového vodíku ${}^1_1\text{H}$, každá je 18x těžší \Rightarrow hmotnost 1 molu H_2O je 18x větší a rovná se 18 g

stejná úvaha platí vždy \Rightarrow u všech látek můžeme počítat s tím, že hmotnost 1 molu látky se číselně rovná relativní molekulové hmotnosti částic v gramech

Molární hmotnost M_m je hmotnost 1 molu dané látky a je dána vztahem

$$M_m = \frac{m}{n}. \text{ Jednotkou je } \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Molární hmotnost látky v gramech se číselně rovná její relativní molekulové (atomové) hmotnosti $\Rightarrow M_m = M_r \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Př. 4: Urči s přesností na dvě platné číslice hmotnost 1 molu v kg u těchto látek:

a) metanu CH_4

b) CO_2

c) kyseliny siřičité

využijeme příklady z minulé hodiny:

a) metanu CH_4

$$M_r(\text{CH}_4) = 16,043 \quad 1 \text{ mol } \text{CH}_4 \text{ má hmotnost } 16 \text{ g} = 0,016 \text{ kg}$$

b) CO_2

$$M_r(\text{CO}_2) = 44,009 \quad 1 \text{ mol } \text{CO}_2 \text{ má hmotnost } 44 \text{ g} = 0,044 \text{ kg}$$

c) kyseliny siřičité

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_3) = 82,07 \quad 1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_3 \text{ má hmotnost } 82 \text{ g} = 0,082 \text{ kg}$$

Př. 5: 0,5 molu látky váží 20 g. Urči, o kterou látku jde, pokud víš, že se vyskytuje ve formě jednoatomových molekul.

Určíme molární hmotnost látky a podle tabulek ji určíme.

$$M_m = \frac{m}{n} = \frac{20}{0,5} \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow M_r = A_r = 40$$

Zkoumanou látkou je vzácný plyn argon.

Př. 6: Definuj analogicky veličinu molární objem V_m .

Molární objem V_m je objem 1 molu dané látky za daných vnějších podmínek a je dán vztahem

$$V_m = \frac{V}{n}. \text{ Jednotkou je } \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Normální fyzikální podmínky:

- teplota: $t_n = 0^\circ\text{C}$, $T_n = 273,15 \text{ K}$
- tlak: $p_n = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ Torr}$
- gravitační zrychlení: $g_n = 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Dodatek: Ve starší literatuře se u normálních podmínek často uvádí i tlak

$$p_n = 100000 \text{ Pa} = 750 \text{ Torr}.$$

Př. 7: Urči molární objem:

a) dusíku b) hélia za normálních podmínek.

Normální hustoty obou plynů najdi v tabulkách.

normální hustoty plynů: dusík $\rho_n(\text{N}_2) = 1,251 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\rho_n(\text{He}) = 0,1787 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

platí: V_m je objem 1 molu látky \Rightarrow vzorec pro objem $m = \rho V \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$

hustotu známe z tabulek, protože určujeme molární objem za hmotnost dosadíme M_m

a) dusík

$$M_r(\text{N}_2) = 2 \cdot A_r(\text{N}) = 2 \cdot 14,007 = 28,014 \Rightarrow M_m = 28,014 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$V_m = \frac{M_m}{\rho_n} = \frac{2,8014 \cdot 10^{-2}}{1,251} \text{ m}^3 = 2,239 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 22,4 \text{ dm}^3 = 22,41$$

b) hélium

$$M_r(\text{He}) = A_r(\text{He}) = 4,0026 \Rightarrow M_m = 4,0026 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$V_m = \frac{M_m}{\rho_n} = \frac{4,0026 \cdot 10^{-3}}{0,1787} \text{ m}^3 = 2,239 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 22,4 \text{ dm}^3 = 22,41$$

\Rightarrow pro všechny plyny za normálních podmínek platí: $V_m = 22,4 \text{ dm}^3$

Pedagogická poznámka: Předchozí příklad je dobrým testem na dlouhodobé znalosti studentů. O hustotě se nehovořilo několik měsíců a proto se můžete těšit na dva

„zajímavé“ vztahy: $V = m\rho$ a $V = \frac{\rho}{m}$.

Dodatek: Ve starších vydáních tabulek jsou uvedeny jiné hodnoty hustot:

$\rho_n(\text{N}_2) = 1,234 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\rho_n(\text{He}) = 0,1762 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Tyto hustoty platí pro normální tlak $p_n = 100000 \text{ Pa} = 750 \text{ Torr}$. Při tomto menším tlaku pak samozřejmě roste molární objem na $V_m = 22,7 \text{ dm}^3$ a klesá normální hustota.

Tak teď už můžeme spočítat kde co. Pomocí přímé úměrnosti a úměry:

1 mol... $6,02 \cdot 10^{23}$ částic... $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (normální podmínky)... $M_r \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

Př. 8: Urči látkové množství 1 kg železa.

použijeme přímou úměrnost

$$M_r(\text{Fe}) = 55,847 \Rightarrow M_m(\text{Fe}) = 55,847 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ mol} \quad \dots \quad 55,847 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$x \text{ molů} \quad \dots \quad 1 \text{ kg}$$

$$\frac{x}{1} = \frac{1}{55,847 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = \frac{1}{55,847 \cdot 10^{-3}} \text{ mol} = 17,906 \text{ mol}$$

1 kg železa má látkové množství 17,906 mol.

Př. 9: Urči počet molekul v 1,5 kg vody (přibližně 1,5 l vody, tedy obsah klasické PET lahve).

použijeme přímou úměrnost

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \Rightarrow M_m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ mol} \quad \dots \quad 6,02 \cdot 10^{23} \text{ částic} \quad \dots \quad 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$x \text{ částic} \quad \dots \quad 1,5 \text{ kg}$$

$$\frac{x}{1,5} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = \frac{1,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{-3}} = 5,01 \cdot 10^{25} \text{ částic}$$

1,5 kg destilované vody obsahuje $5,01 \cdot 10^{25}$ částic.

Shrnutí: 1 mol... $6,02 \cdot 10^{23}$ částic... $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (normální podmínky)... $M_r \cdot 10^{-3} \text{ kg}$