

2.1.7 Molární veličiny I

Předpoklady: 2106

Opakování z minulé hodiny:

- Atom uhlíku ${}^{12}_6\text{C}$ je přibližně 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 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 atomárního vodíku.

$$A_r(\text{H}) = 1,0079$$

$$m_m = A_r \cdot m_u = 1,0079 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,6737 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

přímá úměrnost:

1 atom	...	$1,6737 \cdot 10^{-27}$ kg
$6,02 \cdot 10^{23}$ atomů	...	x kg

$$\frac{x}{1,6737 \cdot 10^{-27}} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{1}$$

$$x = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6737 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 0,0100079 \text{ kg} = 1,079 \text{ g}$$

1 mol vodíku má hmotnost 1,0079 g.

Pozoruhodné shody:

- hmotnost 1 molu uhlíku ${}^{12}_6\text{C}$ v gramech se rovná jeho relativní atomové hmotnosti,
- hmotnost 1 molu atomárního vodíku v gramech se rovná jeho relativní atomové hmotnosti.

Př. 3: Urči z paměti hmotnost jednoho molu vodíku H_2 . Vysvětli, proč se hmotnost 1 molu vodíku číselně rovná jeho relativní molekulové hmotnosti v gramech. Bude stejná shoda platit i u ostatních látek?

Víme: 1 mol uhlíku $^{12}_6C$ ($6,02 \cdot 10^{23}$ atomů) váží 12 g (určili jsme si 1 mol tak, aby to platilo)
 $A_r(H) = 1 \Rightarrow$ atom vodíku je 12x lehčí než atom uhlíku.

1 mol atomů H - stejné množství atomů jako obsahuje 12 g uhlíku $^{12}_6C$, každý atom je 12x lehčí \Rightarrow celková hmotnost bude 12x menší \Rightarrow 1 mol atomového vodíku H váží 1 g.

1 mol molekul H_2 - stejné množství částic jako v 1 molu atomárního vodíku H, každá je 2x těžší \Rightarrow hmotnost 1 molu H_2 je 2x větší a rovná se 2 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 $\Rightarrow M_m = M_r \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

\Rightarrow Počítat hmotnost jednoho molu přes hmotnost částice je nesmyslné.

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

a) metanu CH_4

$$M_r(CH_4) = A_r(C) + 4 \cdot A_r(H) = 12,011 + 4 \cdot 1,0079 = 16,043$$

1 mol CH_4 má hmotnost 16 g = 0,016 kg

b) CO_2

$$M_r(CO_2) = A_r(C) + 2 \cdot A_r(O) = 12,011 + 2 \cdot 15,999 = 44,009$$

1 mol CO_2 má hmotnost 44 g = 0,044 kg

c) kyseliny siřičité

$$M_r(H_2SO_3) = 2 \cdot A_r(H) + A_r(S) + 3 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 1,0079 + 32,06 + 3 \cdot 15,999 = 82,07$$

1 mol H_2SO_3 má hmotnost 82 g = 0,082 kg

Pedagogická poznámka: Pokud si žáci vzpomenou, že relativní molekulové hmotnosti v bodech b) a c) počítali v minulé hodině, je samozřejmě zbytečné, aby je počítali znovu.

Př. 5: 0,7 molu látky váží 28 g. Urči, o kterou látku jde, pokud víš, že se vyskytuje ve formě jednoatomových molekul.

Určíme molární hmotnost látky a podle tabulek ji určíme.

Přímá úměrnost:

0,7 mol ... 28 g
 1 mol ... x g

$$\frac{x}{28} = \frac{1}{0,7}$$

$$x = 28 \frac{1}{0,7} \text{ g} = 40 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad M_r = A_r = 40$$

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

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

Pedagogická poznámka: Následující příklad je spíše vyrovnávací, není nutné, aby si s ním lámali hlavu Ti nejslabší.

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

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

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

b) hélium

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

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

⇒ 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 počítat kde co. Pomocí přímé úměrnosti a úměry:

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

Všechny následující příklady se řeší ve dvou krocích:

1. Vybereme z úměry dvě odpovídající veličiny.
2. Doplníme druhý řádek a dopočítáme přímou úměrnost.

Př. 8: Urči látkové množství 1 kg železa.

Přímá úměrnost:

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

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

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

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

Hmotnost 1 kg má 17,906 mol železa.

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

Přímá úměrnost:

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

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

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

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

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

Př. 10: Urči počet částic, které obsahuje 2,3 mol vody.

Přímá úměrnost:

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

$$\frac{x \text{ částic}}{2,3} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{1} \Rightarrow x = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2,3 = 1,39 \cdot 10^{24} \text{ částic}$$

2,3 mol vody obsahuje $1,39 \cdot 10^{24}$ částic.

Pedagogická poznámka: V předchozím příkladu jde hlavně o to, zda žáci poznají, že relativní molekulovou hmotnost vody vůbec nepotřebují.

Shrnutí: 1 mol... $6,02 \cdot 10^{23}$ částic... $M_r \cdot 10^{-3}$ kg ... $22,4 \cdot 10^{-3}$ m³ (plyn, normální podmínky)