

## 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.

Číslo, které jsme spočítali v posledním příkladu minulé hodiny (počet částic ve 12 g uhlíku) -  $6,02 \cdot 10^{23}$  není ledajaké číslo. Jde o číselné vyjádření **Avogadrovy konstanty**

$N_A = 6,022140857 \cdot 10^{23}$ . Tento počet částic používáme jako **typické množství mikroskopických částic, které dohromady dají množství látky vnímatelné člověkem.**

Abychom nemuseli neustále používat obrovskou hodnotu Avogadrovy konstanty ( $6,022140857 \cdot 10^{23}$  částic) zavádíme novou veličinu: **látkové množství  $n$**  (udává počet částic látky). Jednotkou látkového množství je **1 mol**.

O stejnorodé soustavě (soustava z jediného druhu částic) říkáme, že má látkové množství 1 mol, jestliže obsahuje  $6,022140857 \cdot 10^{23}$  částic (jinými slovy – obsahuje stejné množství částic, kolik jich obsahuje 12 g nuklidu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ ).

⇒

- Vzorec pro výpočet látkového množství:  $n = \frac{N}{N_A}$  (kde  $N$  je počet částic látky).
- Avogadrova konstanta není bezrozměrná:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

**Dodatek:** V řešení příkladů zapisuji přibližnou hodnotu Avogadrovy konstanty  $6,02 \cdot 10^{23}$  výsledky příkladů jsou spočteny pomocí hodnoty zadržované v kalkulačce (mimochodem toto je dobrá záminka ukázat studentům použití konstant v kalkulačce).

**Pedagogická poznámka:** Oba následující příklady slouží k upevnění vztahu:

$$1 \text{ mol} \Leftrightarrow 6,02 \cdot 10^{23} \text{ částic.}$$

**Př. 1:** Urči z paměti počet částic látky, pokud je látkové množství látky rovno:

- a) 2 mol                      b) 0,01 mol                      c)  $10^5$  mol                      d) 0,005 mol

a)  $2 \text{ mol} \Rightarrow 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 12,04 \cdot 10^{23} = 1,204 \cdot 10^{24}$  částic

b)  $0,01 \text{ mol} \Rightarrow 0,01 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{21}$  částic

c)  $10^5 \text{ mol} \Rightarrow 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{28}$  částic

d)  $0,005 \text{ mol} \Rightarrow 0,005 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 0,01 \cdot 0,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 0,01 \cdot 3,01 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{21}$  částic

**Př. 2:** Urči z paměti látkové množství látky, pokud obsahuje:

- a)  $6,02 \cdot 10^{25}$       b)  $12,04 \cdot 10^{20}$       c) 602      částic

a)  $6,02 \cdot 10^{25} = 100 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$  částic  $\Rightarrow n = 100$  mol

b)  $12,04 \cdot 10^{20} = 2 \cdot 0,001 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$  částic  $\Rightarrow n = 0,002$  mol

c)  $602 = 100 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-23} = 10^{-21} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$  částic  $\Rightarrow n = 10^{-21}$  mol

**Př. 3:** 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. 4:** Kolik atomů představuje 17,3 molu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ ?

Rovnou použijeme přímou úměru:

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

17,3 molu      ...       $x$  částic

$$\frac{x}{17,3} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{1}$$

$$x = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 17,3 = 1,0418 \cdot 10^{25}$$

17,3 molu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$  představuje  $1,0418 \cdot 10^{25}$  atomů.

**Př. 5:** Proč při řešení předchozího příkladu nehraje žádnou roli údaj o tom, že jde o atomy uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ ?

1 mol je označení pro určitý počet částic bez ohledu na to, zda je o atomy uhlíku, molekuly vody nebo zrnka písku. Mol je označení pouhého počtu podobně jako třeba milión (lidí, Kč, Aut) nebo tucet (tucet dětí, tucet housek, ...).

**Pedagogická poznámka:** Předchozí diskusi je nutné vést. Studenti jsou zvyklí, že každý údaj v zadání se vždy používá ve výpočtu, a to je pro ně daleko důležitější než nějaká logika nebo význam termínu.

**Př. 6:** 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:**

$$1 \text{ atom} \quad \dots \quad 1,6737 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$6,02 \cdot 10^{23} \text{ atomů} \quad \dots \quad x \text{ kg}$$

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

$$x = 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1,6737 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 0,0010079 \text{ kg} = 1,0079 \text{ g}$$

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. 7:** Urči z paměti hmotnost jednoho molu vodíku  $\text{H}_2$ . 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  $^{12}_6\text{C}$  ( $6,02 \cdot 10^{23}$  atomů) váží 12 g (určili jsme si 1 mol tak, aby to platilo)

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

1 mol atomů 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 atomárního vodíku H váží 1 g.

1 mol molekul  $\text{H}_2$  - stejné množství částic jako v 1 molu atomárního vodíku H, každá je 2x těžší  $\Rightarrow$  hmotnost 1 molu  $\text{H}_2$  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.

**Hodnota Avogadrovy konstanty (počet částic v jednom molu) je zvolena právě tak, aby hmotnost jednoho molu částic v gramech se číselně rovnala jejich relativní molekulové hmotnosti (a po jejím určení už jsme nemuseli nic dalšího počítat).**

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

a) metanu  $\text{CH}_4$                       b)  $\text{CO}_2$                       c) kyseliny siřičité

a) metanu  $\text{CH}_4$

$$M_r(\text{CH}_4) = A_r(\text{C}) + 4 \cdot A_r(\text{H}) = 12,011 + 4 \cdot 1,0079 = 16,043$$

1 mol  $\text{CH}_4$  má hmotnost 16 g = 0,016 kg

b)  $\text{CO}_2$

$$M_r(\text{CO}_2) = A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 12,011 + 2 \cdot 15,999 = 44,009$$

1 mol  $\text{CO}_2$  má hmotnost 44 g = 0,044 kg

c) kyseliny siřičité

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_3) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1,0079 + 32,06 + 3 \cdot 15,999 = 82,07$$

1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_3$  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. 9:** Jakou hmotnost má 15,3 molu vody?

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

1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  má hmotnost 18 g = 0,018 kg

**Přímá úměrnost**

1 mol                      ...                      18 g

15,3 mol                      ...                      x g

$$\frac{x}{18} = \frac{15,3}{1}$$

$$x = 15,3 \cdot 18 \text{ g} = 275,4 \text{ g}$$

15,3 mol vody má hmotnost 275,4 g.

**Dodatek:** Pokud známe hmotnost jednoho molu a máme určit hmotnost daného počtu molů, můžeme samozřejmě ihned násobit:  $x = 15,3 \cdot 18 \text{ g} = 275,4 \text{ g}$ .

**Př. 10:** 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 ní najdeme v tabulkách látku.

**Přímá úměrnost:**

0,7 mol                      ...                      28 g

1 mol                      ...                      x g

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

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

Zkoumanou látkou je vzácný plyn argon ( $A_r = 39,948$ ) nebo vápník ( $A_r = 40,08$ ).

**Shrnutí:** 1 mol...  $6,02 \cdot 10^{23}$  částic...  $M_r \cdot 10^{-3}$  kg .