

## 2.1.8 Molární veličiny II

### Předpoklady: 2107

Opakování z minulé hodiny:

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

**Pedagogická poznámka:** Všechny příklady v hodině spočítat s celou třídou nelze. Je třeba si vybrat zda úvodní příklady, výpočty z rovnic nebo srovnávací výpočty z konce hodiny.

**Př. 1:** Urči hmotnost 0,42 mol vody.

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

Přímá úměrnost:

$$1 \text{ mol} \quad \dots \quad 18,015 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$0,42 \text{ mol} \quad \dots \quad x \text{ kg}$$

$$\frac{x}{0,42} = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{1} \Rightarrow x = 0,42 \cdot \frac{18 \cdot 10^{-3}}{1} \text{ kg} = 7,56 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

0,42 mol vody má hmotnost 7,56 g.

**Př. 2:** Urči objem  $10^{20}$  částic vzduchu za normálních podmínek.

Přímá úměrnost:

$$6,02 \cdot 10^{23} \text{ částic} \quad \dots \quad 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$10^{20} \text{ částic} \quad \dots \quad x \text{ m}^3$$

$$\frac{x}{10^{20}} = \frac{22,4 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} \Rightarrow x = 10^{20} \cdot \frac{22,4 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ m}^3 = 3,72 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$10^{20}$  částic vzduchu má za normálních podmínek objem  $3,72 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ .

**Př. 3:** Urči objem 0,5 kg kyslíku za normálních podmínek.

$$M_r(\text{O}_2) = 2 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 16 = 32 \Rightarrow M_m(\text{O}_2) = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Přímá úměrnost:

$$32 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad \dots \quad 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$0,5 \text{ kg} \quad \dots \quad x \text{ m}^3$$

$$\frac{x}{22,4 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,5}{32 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = \frac{0,5}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,35 \text{ m}^3$$

0,5 kg kyslíku má za normálních podmínek objem  $0,35 \text{ m}^3$ .

**Pedagogická poznámka:** U následujícího příkladu ukazuji první část na tabuli, druhou nechávám studenty začít samostatně, zda si všimnou, jiného poměru molů.

**Př. 4:** Urči hmotnost oxidu uhličitého, který vznikne úplným spálením 5 kg metanu. Kolik kilogramů vzdušného kyslíku si při této reakci spotřebuje.

Chemická rovnice:  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

a) hmotnost oxidu uhličitého

Z rovnice vyplývá: z jednoho molu metanu vznikne jeden mol oxidu uhličitého  $\Rightarrow$  nahradíme moly molárními hmotnostmi a máme vztah pro hmotnosti.

$$M_r(\text{CO}_2) = A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \Rightarrow M_m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$M_r(\text{CH}_4) = A_r(\text{C}) + 4 \cdot A_r(\text{H}) = 12 + 4 \cdot 1 = 16 \Rightarrow M_m(\text{CH}_4) = 16 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

1 mol metanu ...	$16 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$	...	1 mol $\text{CO}_2$ ...	$44 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
	5 kg		...	x kg

$$\frac{x}{5} = \frac{44 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 5 \cdot \frac{44}{16} \text{ kg} = 14 \text{ kg}$$

b) hmotnost kyslíku

Z rovnice vyplývá: na spálení jednoho molu metanu potřebujeme dva moly molekulárního kyslíku  $\text{O}_2$ .

$$M_r(\text{O}_2) = 2 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 16 = 32 \Rightarrow M_m(\text{O}_2) = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

1 mol metanu ...	$16 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$	...	2 moly $\text{O}_2$ ...	$2 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
	5 kg		...	x kg

$$\frac{x}{5} = \frac{2 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 5 \cdot \frac{64}{16} \text{ kg} = 20 \text{ kg}$$

Při spálení 5 kg metanu vznikne 14 kg oxidu uhličitého a spotřebuje se 20 kg vzdušného kyslíku.

**Př. 5:** Jedním z kroků při výrobě kyseliny sírové je oxidace oxidu siřičitého na oxid sírový. Kolik tun oxidu siřičitého budeme potřebovat na výrobu 15 tun oxidu sírového? Kolik při tom spotřebujeme kyslíku?

Chemická rovnice:  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ .

a) hmotnost oxidu uhličitého

Z rovnice vyplývá: ze dvou molů oxidu siřičitého vzniknou dva moly oxidu sírového (vztah můžeme zkrátit na: z jednoho molu oxidu siřičitého vznikne jeden mol oxidu sírového).

$$M_r(\text{SO}_2) = A_r(\text{S}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 32 + 2 \cdot 16 = 64 \Rightarrow M_m(\text{SO}_2) = 64 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$M_r(\text{SO}_3) = A_r(\text{S}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 32 + 3 \cdot 16 = 80 \Rightarrow M_m(\text{SO}_3) = 80 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

1 mol $\text{SO}_2$ ...	$64 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$	...	1 mol $\text{SO}_3$ ...	$80 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
	x tun		...	15 tun

$$\frac{x}{15} = \frac{64 \cdot 10^{-3}}{80 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 15 \cdot \frac{64}{80} \text{ t} = 12 \text{ t}$$

b) hmotnost kyslíku

Z rovnice vyplývá: na výrobu jednoho molu oxidu sírového potřebujeme jeden mol molekulárního kyslíku  $\text{O}_2$ .

$$M_r(\text{O}_2) = 2 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 16 = 32 \Rightarrow M_m(\text{O}_2) = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

2 moly SO <sub>3</sub> ...	2 · 80 · 10 <sup>-3</sup> kg ...	1 mol O <sub>2</sub> ...	32 · 10 <sup>-3</sup> kg
	15 tun	...	x tun

$$\frac{x}{15} = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 80 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 15 \cdot \frac{32}{2 \cdot 80} \text{ t} = 3 \text{ t}$$

Na výrobu 15 tun oxidu sírového potřebujeme 3 tuny kyslíku.

**Dodatek:** Ze zákona zachování hmotnosti (v rovnici vystupují pouze tři látky, hmotnost dvou z nich známe) je možné určit hmotnost kyslíku prostým odečtením 15 – 12 = 3. Pokud na to nikdo z žáků neupozorní, je třeba jim to připomenout a probrat, proč jsme stejnou věc nemohli udělat v příkladu 4.

**Př. 6:** Urči objem třaskavého plynu (směs plynného vodíku a kyslíku), který vznikne elektrolýzou 1,5 kg vody.

Chemická rovnice:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ .

Přímá úměrnost: ze dvou molů vody vzniknou 3 moly plynu.

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1,0 + 16 = 18 \Rightarrow M_m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

2 mol vody ...	2 · 18 · 10 <sup>-3</sup> kg ...	3 moly plynu ...	3 · 22,4 · 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
	1,5 kg	...	x dm <sup>3</sup>

$$\frac{x}{1,5} = \frac{3 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = \frac{1,5 \cdot 3 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} \text{ m}^3 = 2,8 \text{ m}^3$$

Elektrolýzou 1,5 kg vody vznikne 2,8 m<sup>3</sup> třaskavého plynu.

**Př. 7:** Na stůl ukápla kapka vody o objemu 0,1 ml. Za jak dlouho by se kapka vypařila, kdyby se každou sekundu z jejího povrchu uvolnil (a tím se změnil v páru) 1 milion molekul?

$$V = 0,1 \text{ ml} = 10^{-4} \text{ l} = 10^{-7} \text{ m}^3$$

Určíme počet molekul, které kapka obsahuje a pak můžeme snadno určit dobu odpařování.

$$\text{Hmotnost kapky: } m = V \cdot \rho = 1 \cdot 10^{-7} \cdot 1000 \text{ kg} = 10^{-4} \text{ kg}.$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1,0 + 16 = 18 \Rightarrow M_m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

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

$$x \text{ částic} \quad \dots \quad 10^{-4} \text{ kg}$$

$$\frac{x}{6,02 \cdot 10^{23}} = \frac{10^{-4}}{18 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{10^{-4}}{18 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \cdot 10^{21} \text{ částic}$$

$$\text{Každou sekundu se odpaří } 10^6 \text{ částic} \Rightarrow \text{odpařování trvá } \frac{3,3 \cdot 10^{21}}{10^6} \text{ s} = 3,3 \cdot 10^{15} \text{ s}.$$

$$3,3 \cdot 10^{15} \text{ s} = 1000000000 \text{ let}$$

Vypařování kapky o objemu 0,1 ml by trvalo 100 miliard let.

**Př. 8:** Velmi „účinným“ homeopatickým lékem je natrum muriaticum. Jde o lék připravovaný opakovaným ředěním z mořské soli (NaCl). Tento lék se připravuje takto: 21 dní necháme louhovat matečnou surovinu v roztoku alkoholu. Po

přefiltrování roztoku získáme matečnou tinkturu (ta ještě není homeopatickým lékem). Matečnou tinkturu smícháme v poměru 1:99 se 70% roztokem čistého alkoholu. Vzniklý roztok 100x prudce protřepáme (tím dojde k „dynamizaci“ roztoku. Tato část procedury je prý velmi důležitá) a tak získáme homeopatický lék v nejnižším (a tedy nejméně účinném ředění) 1C (centezimální – setinné ředění). Pokud odebereme část získaného roztoku a stejným způsobem ho opět naředíme, získáme lék v ředění 2C (účinnější) a stejným způsobem můžeme postupovat do nekonečna. Účinnost léku stoupá s počtem ředění.

a) Urči počet iontů NaCl ve výsledném léku při ředění C15, pokud byl v matečném roztoku 1l rozpuštěn 1g soli.

b) Kolik litrů 70% roztoku lihu je potřeba k přípravě 1 l výsledného léčivého roztoku.

c) Kolikrát musí být roztok během své přípravy protřepán.

Na základě spočtených údajů vysvětli:

d) Proč se dnes k výrobě homeopatických léků většinou neuzívá roztok lihu, ale destilovaná voda.

e) Proč se léky při přípravě neprotřepávají ručně, ale pomocí strojů. A kudy ze stroje do léku proudí duchovní energie (dynamis), která při dynamizaci zvyšuje účinnost léku.

a) Během každého ředění se počet iontů Na a Cl v roztoku zmenší 100x  $\Rightarrow$  spočteme si počet iontů v počátečním roztoku a poté budeme dělit.

$$M_r(\text{NaCl}) = A_r(\text{Na}) + A_r(\text{Cl}) = 23 + 35 = 58 \Rightarrow M_m(\text{NaCl}) = 58 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Přímá úměrnost:

$$\begin{array}{lcl} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ částic} & \dots & 58 \text{ g} \\ x \text{ částic} & \dots & 1 \text{ g} \end{array}$$

$$\frac{x}{1} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{58} \Rightarrow x = 1,04 \cdot 10^{22} = 10^{22}$$

počet částic:

$$\begin{array}{lcl} \text{po prvním ředění} & \dots & \frac{1}{100} \cdot 10^{22} \\ \text{po druhém ředění} & \dots & \frac{1}{100} \cdot \left( \frac{1}{100} \cdot 10^{22} \right) = \frac{10^{22}}{100^2} \\ \dots & & \\ \text{po } x\text{-tém ředění} & \dots & \frac{10^{22}}{100^x} \end{array}$$

Po 15 ředěních  $\frac{10^{22}}{100^{15}} = \frac{10^{22}}{10^{30}} = 10^{-8} \Rightarrow$  v léku C15 je průměrně  $10^{-8}$  iontu Na a stejné množství iontů Cl.

b) Při ředění C15 musíme 15x dolévat 0,99 l 70% alkoholu  $\Rightarrow$  na přípravu 1 litru léku potřebujeme 14,85 litru 70 % roztoku alkoholu.

c) Při ředění C15 musíme 15x opakovat 100 protřepání  $\Rightarrow$  protřepáváme 1500x.

d) Destilovaná voda je daleko levnější než 70% roztok lihu.

e) Strojové protřepávání je daleko levnější než protřepávání lidskou rukou. Kudy ze stroje proudí do léku duchovní energie (dynamis), bohužel nevíme.

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