

## A. Chemické výpočty

### A.1. Atomová relativní hmotnost, látkové množství ...

Základní veličinou pro určení množství nějaké látky je **hmotnost**. Ovšem hmotnost tak malých částic, jako jsou atomy a molekuly, je nesmírně malá a pro běžnou práci se nehodí. Proto se použije hmotnost nějakého atomu nebo jeho části jako základní a hmotnost všech ostatních atomů se vyjádří pouze poměrem k hmotnosti uvedeného standardu. Tím se dostáváme k **atomové relativní hmotnosti**.



**Relativní atomová hmotnost  $A_r$  je číslo, které udává, kolikrát je hmotnost přirozené směsi izotopů daného prvku větší než jedna dvanáctina hmotnosti izotopu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ .**

Musíme si připomenout některá fakta z hodin chemie. Mnoho prvků se neskládá z úplně stejných atomů. Například vodík existuje ve třech tzv. **izotopech**, které se liší počtem neutronů v jádře:  $^1_1\text{H}$ ,  $^2_1\text{H}$  a  $^3_1\text{H}$ . Každý z izotopů má trochu jinou hmotnost. Abychom tedy mohli s atomovou relativní hmotností pohodlně pracovat, je atomová relativní hmotnost každého prvku určena průměrně pro takovou směs izotopů, jaká se běžně vyskytuje v přírodě. Nebudete-li někdy pracovat na špičkovém pracovišti zabývajícím se jaderným výzkumem, s jinou směsí izotopů se ani nesečkáte.



**Jedna dvanáctina hmotnosti atomu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$  se nazývá atomová hmotnostní jednotka, značí se „u“ a její přibližná hodnota je  $u = 1,66056 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .**

**? Jakou hmotnost má 1000 atomů vodíku, je-li jeho atomová relativní hmotnost 1,00797?**

**!** Z definice plyne, že 1 (průměrný) atom vodíku má hmotnost  $A_r(\text{H}) \cdot u$ , tedy 1000 atomů vodíku 1000x tolik:  $m = 1000 \cdot 1,00797 \cdot 1,66056 \cdot 10^{-27} = \underline{\underline{1,67379 \cdot 10^{-24} \text{ kg}}}$ .

**? Proč se v tabulkách uvádí, že  $A_r(\text{C}) = 12,011$ ? Proč není 12 přesně?**

**!** V přírodním vzorku uhlíku se nenachází pouze izotop  $^{12}_6\text{C}$ . Ve velmi malém množství jsou přítomny i některé další izotopy, jejichž hmotnost je větší.

Obdobným způsobem můžeme poměřovat též hmotnosti molekul. Protože platí zákon zachování hmotnosti, je hmotnost molekuly rovna součtu hmotností jednotlivých atomů, můžeme vypočítat **molekulovou relativní hmotnost** podle následujícího pravidla:



**Molekulová relativní hmotnost sloučeniny ( $M_r$ ) má hodnotu součtu atomových relativních hmotností všech atomů v molekule.**

Všimněte si, že v definici se říká „všech atomů“, nikoliv „všech prvků“. Je-li od některého prvku v molekule více atomů, je třeba přičíst  $A_r$  každého z nich!

**?** *Určete molekulovou relativní hmotnost kyseliny sírové. (Hodnoty  $A_r$  zaokrouhlete)*

**!** Vzorec kyseliny sírové je  $H_2SO_4$ . Její molekula tedy obsahuje 2 atomy vodíku, 1 atom síry a 4 atomy kyslíku.  $M_r(H_2SO_4) = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = \underline{\underline{98}}$ .

**?** *Určete neznámý prvek X, je-li hodnota  $M_r$  jeho bromidu o vzorci  $XBr_3$  asi 252.*

**!** Z definice molekulové relativní hmotnosti víme, že  $M_r(XBr_3) = A_r(X) + 3 \cdot A_r(Br)$ . Ze zadání známe hodnotu  $M_r$  a z tabulky zjistíme, že hodnota  $A_r(Br) = 75$ . Po dosazení tedy zjistíme  $A_r(X)$ :  $A_r(X) = 252 - 3 \cdot 75 = \underline{\underline{27}}$ . V tabulce najdeme prvek, který má přibližně atomovou relativní hmotnost 27. Vidíme, že je to hliník.

V běžné praxi ovšem pracujeme s mnohem větším množstvím reaktantů, než jsou pouhé atomy a molekuly. Je pravda, že při vzniku vody podle rovnice  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$  se vždy s jednou molekulou kyslíku slučují dvě molekuly vodíku, s tisícem molekul kyslíku dva tisíce molekul vodíku, s milionem dva miliony atd. Jenže si pokusme představit, s jakým množstvím molekul pracujeme, jestliže budeme slučovat s vodíkem kyslík, který vyplňuje pouze krychličku o hraně 1 cm. Budeme-li pracovat za běžného tlaku a teploty, pak 1 cm<sup>3</sup> obsahuje tolik molekul, že kdybychom jich každou sekundu vypustili 1 milion, trvalo by nám to více než 850 000 roků !!!

Je jasné, že pro tak obrovská čísla, která by vyjadřovala počty molekul a atomů, s nimiž běžně pracujeme, matematika nemá žádný rozumný název. Tím se dostáváme k zavedení veličiny **látkové množství** (značí se **n**) s jednotkou **mol**:



**Soustava má látkové množství jeden mol ( $n = 1$  mol) právě tehdy, když obsahuje tolik elementárních jedinců, kolik je atomů v 0,012 kg izotopu uhlíku  $^{12}_6C$ .**

Elementárním jedincem může být cokoliv. Pro naše výpočty to většinou budou molekuly, atomy, ionty. 1 mol je vlastně pouze výraz pro nějaké velké množství. Má stejný význam jako slovo milion, miliarda, bilion atd. Vyjadřuje ovšem mnohem větší číslo.



**1 mol odpovídá množství asi  $6,023 \cdot 10^{23}$  částic. Toto číslo je důležitou fyzikálně-chemickou konstantou. Nazývá se Avogadrova konstanta a značí se  $N_A$ .**

**? Představme si, že zrnko mouky má průměrně hmotnost 0,00002 g. Jaké látkové množství zrnků mouky odpovídá vagónu naloženého 50 tunami mouky?**

**!** 50 t = 50 000 000 g. Vagón tedy obsahuje 50 milionů gramů mouky. Musíme určit, kolik je to zrnků:  $50\,000\,000 : 0,00002 = 2\,500\,000\,000\,000$ . Látkové množství  $n$  určíme jako podíl počtu částic  $N$  a Avogadrovy konstanty  $N_A$ . 
$$N = \frac{2,5 \cdot 10^{12}}{6,023 \cdot 10^{23}} = 4,15 \cdot 10^{-12}$$
 Vagón obsahuje asi 0,000 000 000 004 15 mol zrnků mouky.

Z předcházejícího příkladu je zřejmé, že látkové množství 1 mol představuje opravdu obrovské množství částic a dobře se hodí právě pro počty molekul a atomů různých látek.

Možná nás také napadne, proč byl pro 1 mol zvolen počet částic tak „nehezký“ a „nekulatý“, jaký udává Avogadrova konstanta. Ukážeme však, že právě zvolená definice nám mnohé výpočty velmi usnadní.

**? Jakou hmotnost má 1 mol uhlíku?**

**!** Z definice 1 molu vyplývá, že atomů uhlíku musí být tolik, kolik jich je v 0,012 kg uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ . Odpověď by tedy mohla být 12 g. Víme však, že přírodní uhlík obsahuje i malé množství těžších izotopů a hmotnost jednoho molu je tak těžší přesně v tom poměru, v jakém je těžší „průměrný přírodní atom“ uhlíku těžší, než izotop  $^{12}_6\text{C}$ . Proto odpovídá  $A_r$  uhlíku, tedy podle tabulek 12,011 g.

Je zřejmé, že obdobné to bude i u ostatních prvků a sloučenin. Hmotnost jednoho molu dané látky v gramech. Musí odpovídat molekulové (nebo atomové) relativní hmotnosti této látky. Zavádíme proto novou veličinu: **molární hmotnost**.



**Molární hmotnost dané látky ( $M$ ) udává hmotnost jednoho molu této látky. Její jednotkou je  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$  (gram na mol). Číselná hodnota molární hmotnosti je stejná jako molekulové (nebo atomové) relativní hmotnosti.**

? **Určete molární hmotnost železa, chloru a kyseliny dusičné.**

! Nejprve si napišme vzorce jednotlivých látek: Železo má obsah v krystalové mřížce jednotlivé atomy (Fe), chlor tvoří dvouatomové molekuly (Cl<sub>2</sub>) a molekula kyseliny dusičné má vzorec HNO<sub>3</sub>. Nyní určíme molekulové relativní hmotnosti:

$$M_r(\text{Fe}) = A_r(\text{Fe}) = 56$$

$$M_r(\text{Cl}_2) = 2 \cdot A_r(\text{Cl}) = 2 \cdot 35,5 = 71$$

$$M_r(\text{HNO}_3) = A_r(\text{H}) + A_r(\text{N}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 1 + 14 + 3 \cdot 16 = 63 .$$

Nakonec určíme molární hmotnost tak, že použijeme hodnoty  $M_r$  :

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Jestliže dokážeme z tabulek určit hmotnost jednoho molu látky, jsme schopní určit při známé hmotnosti látkové množství a naopak:



**Pro hmotnost, látkové množství a molární hmotnost platí:  $n = \frac{m}{M}$  .**

? **Jakou hmotnost má 5 mol hydroxidu sodného?**

!  $M_r(\text{NaOH}) = 23+16+1=40$ .  $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Podle zadání je  $n(\text{NaOH}) = 5 \text{ mol}$ .

Jestliže  $n = \frac{m}{M}$  , pak  $m = n \cdot M = 5 \cdot 40 = 200 \text{ g}$  .

? **Jaké látkové množství vody se vejde do nádoby o objemu 200 cm<sup>3</sup>?**

!  $M(\text{H}_2\text{O}) = (2 \cdot 1 + 16) \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} = 18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Zatím neznáme hmotnost vody, můžeme ji ovšem vypočítat podle vztahu známého z fyziky:  $m = \rho \cdot V$  . ( $\rho(\text{H}_2\text{O})=1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )<sup>1</sup>. Pak

$$\text{platí: } n = \frac{m}{M} = \frac{\rho \cdot V}{M} = \frac{1 \cdot 200}{18} \doteq 11,1 \text{ mol} .$$

Důležitý je také poznatek, že stejné látkové množství každého plynu zaujímá za normálních podmínek (tlaku a teploty) přibližně stejný objem.



**1 mol (ideálního) plynu má za normálních podmínek objem asi 22,4 dm<sup>3</sup>. Tento objem se nazývá molární objem a značí se  $V_n$ . ( $V_n = 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ )**



**Pro objem a látkové množství daného plynu platí:  $V = n \cdot V_n$  .**

<sup>1</sup> V chemii je vhodnější použití těchto jednotek, než vyjádření v kg · m<sup>-3</sup>.

Je nutné si uvědomit, že tento objem nezávisí na tom, o jaký plyn se jedná. Podstatné je pouze látkové množství.

**? Jakou hmotnost má oxid uhličitý o objemu  $1 \text{ m}^3$  za normálních podmínek?**

!  $V(\text{CO}_2) = 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$ ,  $M(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Látkové množství oxidu uhličitého určíme ze vztahu  $V = n \cdot V_n$ , tedy  $n = \frac{V}{V_n}$ . Jestliže  $n = \frac{m}{M}$ , pak platí, že

$$m = n \cdot M = \frac{V}{V_n} \cdot M = \frac{1000}{22,4} \cdot 44 \doteq 1964 \text{ g}.$$

**? Jaký objem zabere 50 g vodíku?**

!  $m(\text{H}_2) = 50 \text{ g}$ ,  $M(\text{H}_2) = 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $V = n \cdot V_n = \frac{m}{M} \cdot V_n = \frac{50}{2} \cdot 22,4 = 560 \text{ dm}^3$ .

### A.1.1. Úlohy

- 1) Určete molární hmotnost ethanolu, síranu sodného a oxidu křemičitého.
- 2) Určete látkové množství 20 g kyseliny sírové.
- 3) Určete hmotnost chloridu draselného o látkovém množství 3 mol.
- 4) Jaký objem zaujme 10 g chloru za normálních podmínek?
- 5) Jakou hmotnost má  $0,5 \text{ m}^3$  kyslíku za normálních podmínek?
- 6) Máte 10 g síry. Kolik g železa je třeba navážít, aby jeho látkové množství bylo stejné?
- 7) Jaký objem zaujímá 10 mol vody? ( $\rho(\text{H}_2\text{O}) \doteq 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
- 8) Určete hustotu ethanolu, jestliže  $50 \text{ cm}^3$  této látky představuje 0,8576 mol.

## A.2. Hmotnostní zlomek

Ve sloučeninách se vyskytují jednotlivé prvky (nebo i jednodušší sloučeniny) v poměrech látkových množství, která jsou zřejmá z jejich vzorce. Například v 1 mol oxidu olovnatého (PbO) se vyskytuje 1 mol olova a 1 mol atomárního kyslíku (O) nebo 0,5 mol molekul kyslíku (O<sub>2</sub>). Nás však častěji zajímá, jakou hmotnost má olovo, které je obsaženo například v 10 kg oxidu olovnatého.



**Hmotnostní zlomek (w) části jistého celku je poměr hmotnosti této části ku**

**hmotnosti celku, která tuto část obsahuje -  $w = \frac{m(\text{část})}{m(\text{celek})}$ .**

Hmotnostní zlomek je bezrozměrná veličina dosahující hodnot od 0 do 1. Někdy bývá po vynásobení 100 vyjádřena v procentech.

**? Určete hmotnostní zlomek železa v jisté železné rudě, je-li v 10 kg této rudy obsaženo asi 7 240 g železa.**

**!**  $w(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{m(\text{ruda})} = \frac{7240\text{g}}{10000\text{g}} = 0,724$  . Železná ruda tedy obsahuje 72,4% železa.

Častěji však používáme hmotnostní zlomek tehdy, když potřebujeme určit hmotnost části při známé hmotnosti celku.

**? Kolik hliníku lze získat z jedné tuny bauxitu, je-li jeho hmotnostní zlomek v této rudě přibližně  $w \doteq 0,47$  ?**

**!**  $m(\text{Al}) = w(\text{Al}) \cdot m(\text{bauxit}) = 0,47 \cdot 1000\text{kg} = 470\text{kg}$  .



**Hmotnostní zlomek je též jedním ze způsobů vyjádření koncentrace roztoků.**

$w(\text{rozp. látky}) = \frac{m(\text{rozp. látky})}{m(\text{roztoku})}$  . Po vynásobení 100 se vyjadřuje v procentech.

Uvědomte si, že hmotnost roztoku je součet hmotností rozpuštěné látky i rozpouštědla!

**? Kolika procentní roztok vznikne rozpuštěním 2g chloridu sodného v 60 cm<sup>3</sup> vody?**

**!**  $w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{roztoku})} = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NaCl})} = \frac{m(\text{NaCl})}{\rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NaCl})} =$

$$= \frac{2g}{60g + 2g} \doteq 0,0322. \text{ Uvedený roztok je asi } 3,22 \%$$

**?** *Kolik bromidu draselného je třeba rozpustit ve 100 cm<sup>3</sup> vody, máte-li připravit 20 % roztok?*

**!**  $w(\text{KBr}) = \frac{m(\text{KBr})}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{KBr})}$ , tedy  $0,2 = \frac{m(\text{KBr})}{100g + m(\text{KBr})}$ . Postupně vyjádříme

hmotnost KBr:

$$0,2 \cdot (100g + m(\text{KBr})) = m(\text{KBr})$$

$$20g + 0,2 \cdot m(\text{KBr}) = m(\text{KBr})$$

$$20g = 0,8 \cdot m(\text{KBr})$$

$$m(\text{KBr}) = 16g$$

**?** *V jakém množství sirouhlíku musíme rozpustit 10g síry, aby  $w(\text{S}) = 0,1$  ? (Hustota sirouhlíku je 1,26 g.cm<sup>3</sup>)*

**!**  $w(\text{S}) = \frac{m(\text{S})}{m(\text{CS}_2) + m(\text{S})}$ , tedy  $0,1 = \frac{10g}{m(\text{CS}_2) + 10g}$ . Postupně vyjádříme hmotnost

sirouhlíku:

$$0,1 \cdot (m(\text{CS}_2) + 10g) = 10g$$

$$0,1 \cdot m(\text{CS}_2) + 1g = 10g$$

$$0,1 \cdot m(\text{CS}_2) = 9g$$

$$m(\text{CS}_2) = 90g, \text{ a tedy } V(\text{CS}_2) = \frac{m(\text{CS}_2)}{\rho(\text{CS}_2)} = \frac{90g}{1,26g \cdot \text{cm}^{-3}} \doteq 71,4\text{cm}^3.$$

Často však musíme určit hmotnost části určitého množství sloučeniny (například hmotnost olova v 5kg PbS) a přitom hmotnostní zlomek neznáme. Proto si musíme odvodit způsob, jak hmotnostní zlomek určit z molárních hmotností.

**?** *Určete hmotnostní zlomek látky X ve sloučenině o obecném vzorci X<sub>a</sub>Y<sub>b</sub>.*

**!** Z definice vyplývá, že  $w(X) = \frac{m(X)}{m(X_aY_b)}$ . Podle známého vztahu  $n = \frac{m}{M}$  vyplývá, že

$$w(X) = \frac{n(X) \cdot M(X)}{n(X_aY_b) \cdot M(X_aY_b)}. \text{ Molární hmotnosti můžeme určit pomocí atomových}$$

relativních hmotností z tabulky. Neznáme však látková množství. Uvědomme si ale, že hmotnostní zlomek látky X je v dané sloučenině stále stejný a nezáleží na jejím množství. Můžeme si tedy představit, že  $n(X_aY_b) = 1 \text{ mol}$ . Protože však jedna

molekula sloučeniny obsahuje  $a$  atomů  $X$ , znamená to, že 1 mol sloučeniny obsahuje  $a$  molů prvku  $X$ . Jestliže  $n(X_aY_b) = 1$  mol, pak  $n(X) = a$  mol. Tedy:

$$w(X) = \frac{a \cdot M(X)}{M(X_aY_b)}.$$



**Hmotnostní zlomek části nějaké sloučeniny v této sloučenině je roven podílu molární hmotnosti této části vynásobené počtem jejích jedinců v jedné molekule sloučeniny ku molární hmotnosti celé sloučeniny.**

**?** *Určete hmotnostní zlomek hliníku v oxidu hlinitém.*

**!**  $w(Al) = \frac{2 \cdot M(Al)}{M(Al_2O_3)} = \frac{2 \cdot 27}{102} \doteq 0,53$

**?** *Určete hmotnostní zlomek vody v modré skalici (pentahydrát síranu měďnatého).*

**!**  $w(H_2O) = \frac{5 \cdot M(H_2O)}{M(CuSO_4 \cdot 5H_2O)} = \frac{5 \cdot (2 \cdot 1 + 16)}{64 + 32 + 4 \cdot 16 + 5 \cdot (2 \cdot 1 + 16)} = 0,36.$

**?** *Jaké je procentuální zastoupení jednotlivých prvků ve sloučenině  $KSO_3NH_2$  ?*

**!**  $M(KSO_3NH_2) = 39 + 32 + 3 \cdot 16 + 14 + 2 \cdot 1 = 135 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$w(K) = \frac{39}{135} \doteq 0,29. \text{ Obsah draslíku je asi } 29 \text{ \%}.$$

$$w(S) = \frac{32}{135} \doteq 0,24. \text{ Obsah síry je asi } 24 \text{ \%}.$$

$$w(O) = \frac{3 \cdot 16}{135} \doteq 0,36. \text{ Obsah kyslíku je asi } 36 \text{ \%}.$$

$$w(N) = \frac{14}{135} \doteq 0,1. \text{ Obsah dusíku je asi } 10 \text{ \%}.$$

$$w(H) = \frac{2 \cdot 1}{135} \doteq 0,01. \text{ Obsah vodíku je asi } 1 \text{ \%}.$$

**?** *Jaký bude hmotnostní zlomek síranu měďnatého v roztoku, který vznikne rozpuštěním 50 g modré skalice v 450 g vody?*

**!**  $m(\text{roztok}) = 50 + 450 = 500 \text{ g}$ . Musíme si ovšem uvědomit, že hmotnost síranu měďnatého není 50g, ale méně, protože modrá skalice obsahuje ještě vodu



(pentahydrát síranu měďnatého). Nejprve určíme hmotnostní zlomek síranu měďnatého v modré skalici:  $w_1(\text{CuSO}_4) = \frac{M(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{160}{250} = 0,64$ . Podle definice je  $w_1(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}$ , tedy  $0,64 = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{50\text{g}}$ . Odtud plyne, že  $m(\text{CuSO}_4) = 0,64 \cdot 50\text{g} = 32\text{g}$ . Nyní můžeme vypočítat hmotnostní zlomek síranu měďnatého v roztoku:  $w_2(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{roztoku})} = \frac{32}{500} = 0,064$ .

## A.2.1. Úlohy

- 9) Jaký je hmotnostní zlomek hydroxidu draselného v roztoku, který vznikl rozpuštěním 50 g této látky ve 150 g vody?
- 10) Kolik gramů jodidu draselného je rozpuštěno v roztoku, jehož hmotnostní zlomek je 0,05, bylo-li pro jeho přípravu použito 90g vody?
- 11) Sloučenina boru a vodíku obsahuje 78,14% boru a 21,86% vodíku. Molární hmotnost této sloučeniny je 27,67 g.mol<sup>-1</sup>. Vypočítejte sumární vzorec sloučeniny.
- 12) Jaký objem vody bude třeba, aby z 16 g manganistanu draselného byl připraven 2 % roztok této soli?
- 13) Kolik procent síranu železnatého obsahuje jeho heptahydrát (zelená skalice)?
- 14) Kolik gramů uhličitanu draselného se vyloučí odpařením veškeré vody z 500 cm<sup>3</sup> 20% roztoku? (Hustota 20 % roztoku je 1,1898 g.cm<sup>-3</sup>)
- 15) Kolik železa se získá zpracováním 10 t železné rudy o vzorci Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, jestliže tato ruda obsahuje navíc ještě 10 % nečistot?
- 16) Jaký je hmotnostní zlomek roztoku, který vznikl z 200 g již připraveného roztoku HCl o hmotnostním zlomku 0,15 a dalších 95 cm<sup>3</sup> vody?

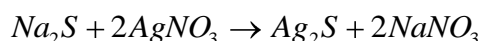
### A.3. Molární koncentrace

Kromě hmotnostního zlomku se často k vyjádření koncentrace roztoku používá také molární koncentrace ( $c$ ):



**Molární koncentrace ( $c$ ) udává, jaké látkové množství rozpuštěné látky se vyskytuje v 1 dm<sup>3</sup> roztoku:  $c(\text{rozp. látky}) = \frac{n(\text{rozp. látky})}{V(\text{roztoku})}$ . Jednotkou molární koncentrace je mol.dm<sup>-3</sup>.**

Pro laboratorní praxi je takové vyjádření velmi výhodné. Představme si, že máme slít roztoky sulfidu sodného a dusičnanu stříbrného tak, aby reakce



proběhla beze zbytku. Nevíme sice, v jakém hmotnostním poměru obě sloučeniny reagují, ale z rovnice vidíme, že poměr jejich látkového množství je vždy 1:2. Máme-li oba roztoky o stejné molární koncentraci, obsahuje stejný objem vždy stejné látkové množství soli. Bezezbytkovou reakci tak velmi pohodlně zajistíme tak, že jeden objemový díl roztoku sulfidu sodného slijeme se dvěma díly dusičnanu stříbrného.

**? Jakou molární koncentraci má roztok síranu sodného, jestliže je v 200cm<sup>3</sup> roztoku rozpuštěno 5g této soli?**

**!**  $V(\text{roztoku}) = 0,2 \text{ dm}^3$ . Tento převod jednotek je vždy nutný! Molární koncentrace se v praxi nikdy neuvádí v mol.cm<sup>-3</sup>. Látkové množství síranu sodného vypočítáme podle známého vzorce:  $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = \frac{5}{142} \doteq 0,035 \text{ mol}$ . Nyní zbývá vypočítat

$$\text{molární koncentraci dle definice: } c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{V(\text{roztoku})} = \frac{0,035}{0,2} = 0,175 \text{ mol.dm}^{-3}.$$

**? Kolik gramů chloridu amonného je třeba k přípravě 300 cm<sup>3</sup> jeho roztoku o molární koncentraci  $c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ ?**

**!** Z definice  $c$  plyne, že  $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = c(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot V(\text{roztoku}) = 0,5 \cdot 0,3 = 0,15 \text{ mol}$ . A pak vypočítáme hmotnost:  $m(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot M(\text{NH}_4\text{Cl}) \doteq 0,15 \cdot 53 = 7,95 \text{ g}$ .

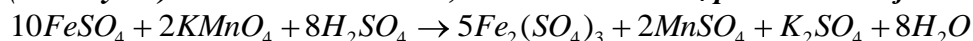
Zejména ve starší literatuře, ale především v laboratorní praxi i dnes se můžeme běžně setkat s tím, že jednotka mol.dm<sup>-3</sup> se nahrazuje velkým písmenem **M**. Tento způsob sice není formálně zcela správný, ale stále se používá. Pro pochopení je uvedeno několik příkladů:

Roztok o koncentraci ..	Starší značení (a název)
.. $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$	1M roztok (jednomolární roztok)
.. $c = 2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$	2M roztok (dvoumolární roztok)
.. $c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$	0,5M roztok (půlmolární roztok)
.. $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$	0,1M roztok (desetinomolární roztok)
.. $c = x \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$	xM roztok (x-molární roztok nebo roztok o molaritě x)

? **Kolik chloridu sodného je třeba k přípravě  $100\text{cm}^3$  3M roztoku?**

!  $m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V \cdot M(\text{NaCl}) = 3 \cdot 0,1 \cdot 23 \cdot 58 = 61,1\text{g}$

? **Kolik  $\text{cm}^3$  0,1M roztoku manganistanu draselného je potřeba, aby bylo kvantitativně (bezezbytku) zoxidováno  $50 \text{ cm}^3$  0,1M roztoku  $\text{FeSO}_4$  podle následující rovnice:**



! Nejprve musíme určit, jaké látkové množství síranu železnatého má být zoxidováno:  $n(\text{FeSO}_4) = c(\text{FeSO}_4) \cdot V(\text{roztoku } \text{FeSO}_4) = 0,1 \cdot 0,05 = 0,005\text{mol}$ . Z uvedené rovnice (u jednoduchých rovnic nebude jejich sestavení součástí zadání) vyplývá, že na každých 10 mol  $\text{FeSO}_4$  připadají 2 mol  $\text{KMnO}_4$ , tedy pětkrát méně. Odtud plyne, že  $n(\text{KMnO}_4) = \frac{1}{5} \cdot n(\text{FeSO}_4) = 0,001\text{mol}$ . Nyní již je možno vypočítat potřebný objem

$$\text{roztoku } \text{KMnO}_4: V(\text{roztoku } \text{KMnO}_4) = \frac{n(\text{KMnO}_4)}{c(\text{KMnO}_4)} = \frac{0,001}{0,1} = 0,01\text{dm}^3 = 10\text{cm}^3.$$

### A.3.1. Úlohy

- 17) Vypočítejte molární koncentraci roztoku kyseliny bromovodíkové, jestliže 0,2 kg roztoku obsahuje 92,04 g bromovodíku.
- 18) Kolik gramů kyseliny dusičné obsahují 2 litry jejího 1M roztoku?
- 19) Kolik gramů modré skalice (pentahydrát síranu měďnatého) je třeba navážít pro přípravu  $250 \text{ cm}^3$  0,1M roztoku?
- 20) Kolik  $\text{cm}^3$  0,1M roztoku  $\text{AgNO}_3$  musí být přidáno k  $15 \text{ cm}^3$  0,3M roztoku  $\text{KBr}$ , aby se veškeré ionty vysrážely ve formě  $\text{AgBr}$ ?
- 21) Bylo by možné převést veškerou kyselinu sírovou obsaženou v  $0,2 \text{ dm}^3$  jejího 0,2M roztoku na síran sodný reakcí s  $0,9 \text{ dm}^3$  0,1 M roztoku  $\text{NaOH}$ ?
- 22) Z roztoku síranu měďnatého je možno vytěsnit kovovou měď reakcí s práškovým zinkem. Kolik gramů mědi je možno získat reakcí  $200 \text{ cm}^3$  roztoku síranu měďnatého o  $c = 0,8 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  s nadbytkem zinku?

## A.4. Přepočty koncentrací a ředění roztoků

Velmi důležitým typem výpočtů jsou přepočty koncentrací z hmotnostního zlomku na molární koncentraci a naopak. Pro řešení takových příkladů již máme dostatečný aparát.

**?** *Jaký je hmotnostní zlomek 1,673M roztoku kyseliny dusičné? (hustota uvedeného roztoku je 1,0543 g.cm<sup>-3</sup>)*

**!**  $w(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m(\text{roztoku})} = \frac{n(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{HNO}_3)}{m(\text{roztoku})}$ . Za látkové množství můžeme

dosadit ze vztahu pro molární koncentraci  $c = \frac{n}{V}$ , a proto  $n = c \cdot V$ . Za hmotnost roztoku můžeme dosadit ze vztahu  $m = \rho \cdot V$ . Dostaneme tak následující vztah:

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{c(\text{HNO}_3) \cdot V(\text{roztoku}) \cdot M(\text{HNO}_3)}{\rho(\text{roztoku}) \cdot V(\text{roztoku})} = \frac{c(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{HNO}_3)}{\rho(\text{roztoku})}$$
. Než do něho

dosadíme, musíme si uvědomit, v jakých jednotkách jsou jednotlivé veličiny obvykle vyjádřeny.  $M$  v **g.mol<sup>-1</sup>**,  $c$  v **mol.dm<sup>-3</sup>** a  $\rho$  v **g.cm<sup>-3</sup>**. Vidíme, že v molární koncentraci se vyskytují **dm<sup>3</sup>**, zatímco v hustotě **cm<sup>3</sup>**! Pokud bychom v této podobě dosadili, obdrželi bychom 1000x větší hodnotu, než odpovídá skutečnosti. Musíme tedy buď převést hustotu ( $1,0543 \text{g.cm}^{-3} = 1054,3 \text{g.dm}^{-3}$ ), nebo molární koncentraci ( $1,673 \text{mol.dm}^{-3} = 0,001673 \text{mol.cm}^{-3}$ ) a poté dosadit:

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{1,673 \text{mol.dm}^{-3} \cdot 63 \text{g.mol}^{-1}}{1054,3 \text{g.dm}^{-3}} \doteq 0,1. \text{ Jedná se tedy o desetiprocentní roztok.}$$

Pokud předešlý příklad zobecníme, získáme obecný vzorec pro obdobný výpočet.

**Nejčastější chybou při těchto výpočtech je dosazení nesprávných jednotek!** Za nejlepší způsob lze považovat převedení hustoty na nezvyklé jednotky **g.dm<sup>-3</sup>**, neboť v této podobě je číselná hodnota veličiny stejná jako u (ve fyzice běžných) **kg.m<sup>-3</sup>**.



**Pro přepočet molární koncentrace látky A na hmotnostní zlomek platí následující**

**vzorec:**  $w(A) = \frac{c(A) \cdot M(A)}{\rho(\text{roztoku})}$ . **Přitom musí být jednotky upraveny takto: molární**

**koncentrace v mol.dm<sup>-3</sup>, molární hmotnost v g.mol<sup>-1</sup> a hustota v g.dm<sup>-3</sup>!**

**?** *Roztok uhličitanu sodného má molární koncentraci  $c = 0,495 \text{mol.dm}^{-3}$ . Jaký je jeho hmotnostní zlomek? (hustota roztoku je 1,0502 g.cm<sup>-3</sup>)*

**!**  $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{\rho(\text{roztoku})} = \frac{0,495 \cdot 106}{1050,2} \doteq 0,05.$

Obdobný je i obrácený postup, kdy hmotnostní zlomek roztoku přepočítáváme na molární koncentraci. Může využít předcházející vztah, ze kterého vyjádříme  $c$ .



**Pro přepočet hmotnostního zlomku roztoku látky A na molární koncentraci platí**

**vztah**  $c(A) = \frac{w(A) \cdot \rho(\text{roztoku})}{M(A)}$ . Přitom musí být jednotky upraveny jako

**v předcházejícím případě: molární hmotnost v  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  a hustota v  $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$  !**

Pokud si tento vztah nepamatujeme, lze ho odvodit při řešení úvahou.

**? Jaká je molární koncentrace roztoku uhličitanu sodného o hmotnostním zlomku  $w=0,14175$ , jestliže hustota takového roztoku je  $\rho=1,0502\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ?**

**!** A) Pomocí vztahu:  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,14175 \cdot 1050,2}{106} \doteq 1,4\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$

**!** B) Úvahou: Hmotnost rozpuštěného uhličitanu určíme ze vztahu pro hmotnostní zlomek:  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = w(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot m(\text{roztoku})$ . Hmotnost roztoku získáme jako součin jeho objemu a hustoty:  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = w(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{roztoku}) \cdot \rho(\text{roztoku})$ .

Nyní můžeme použít vztah  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(\text{roztoku})}$ . Látkové množství uhličitanu

sodného ovšem můžeme vyjádřit jako podíl jeho molární hmotnosti a hmotnosti, za

kterou dosadíme předcházející vztah:  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{roztoku})} =$

$$= \frac{w \cdot V(\text{roztoku}) \cdot \rho(\text{roztoku})}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{roztoku})} = \frac{w \cdot \rho(\text{roztoku})}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} \doteq 1,4\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

**? Jaká je procentuální a molární koncentrace síranu železnatého v roztoku, který vznikl rozpuštěním 0,1 molu  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  v 95 molech vody? ( $\rho = 1,009\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )**

**!** Z 1 molekuly  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  vznikne 1 molekula  $\text{FeSO}_4$  a 7 molekul vody. To znamená, že  $n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = n(\text{FeSO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{O ze síranu})}{7} = 0,1\text{mol}$ . V roztoku je voda

původní a voda ze síranu. Její látkové množství je  $n(\text{H}_2\text{O}) = 95 + 0,1 \cdot 7 = 95,7\text{mol}$ .

Hmotnost této vody je  $m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 95,7 \cdot 18 = 1722,6\text{g}$ . Hmotnost

bezvodého síranu je  $m(\text{FeSO}_4) = n(\text{FeSO}_4) \cdot M(\text{FeSO}_4) = 15,2\text{g}$ . Hmotnostní zlomek

vypočítáme ze vzorce  $w(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{m(\text{FeSO}_4) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{15,2}{15,2 + 1722,6} \doteq 0,0087$ .

Jedná se o 0,87% roztok síranu železnatého a jeho molární koncentrace je

$$c(\text{FeSO}_4) = \frac{w(\text{FeSO}_4) \cdot \rho}{M(\text{FeSO}_4)} = \frac{0,0087 \cdot 1009}{152} \doteq 0,06\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

V laboratoři se ovšem velmi často setkáme s úkolem, kdy máme připravit roztok (zejména kyselin) o dané látkové koncentraci a přitom máme k dispozici silnější roztok obvykle vyjádřený hmotnostním zlomkem, ze kterého musíme výsledný produkt připravit ředěním. Vše si ukážeme na řešení typické úlohy.

**?** *Jak připravíme 100 cm<sup>3</sup> 0,5M roztoku kyseliny sírové, máme-li k dispozici kyselinu o hmotnostním zlomku w=0,98, jejíž hustota je ρ=1,8361g.cm<sup>-3</sup>?*

**!** Uvědomme si, že potřebný roztok připravíme tak, že odměříme potřebný objem 98% roztoku kyseliny sírové a doředíme ho vodou na potřebný objem 100cm<sup>3</sup>. Znamená to, že cílem našeho výpočtu je potřebný objem zdrojové kyseliny.

K přípravě požadovaného roztoku je třeba látkové množství kyseliny sírové, které plyne z úpravy známého vztahu pro výpočet molární koncentrace roztoku:  $n(H_2SO_4) = c(H_2SO_4) \cdot V(\text{roztoku})$ . Pomocí látkového množství spočteme potřebnou hmotnost:  $m(H_2SO_4) = n(H_2SO_4) \cdot M(H_2SO_4) = c(H_2SO_4) \cdot V(\text{roztoku}) \cdot M(H_2SO_4)$ .

Jenomže my nemáme k dispozici čistou kyselinu, ale její 98% roztok. Jeho hmotnost musí být větší, aby v něm byla obsažena potřebná hmotnost čisté kyseliny sírové:

$$m(98\% H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{w(H_2SO_4)} = \frac{c(H_2SO_4) \cdot V(\text{roztoku}) \cdot M(H_2SO_4)}{w(H_2SO_4)}$$

Kapalinu však

nebudeme vážit, ale budeme měřit její objem. Ten vypočítáme ze vztahu pro hustotu:

$$V(98\% H_2SO_4) = \frac{m(98\% H_2SO_4)}{\rho(98\% H_2SO_4)} = \frac{c(H_2SO_4) \cdot V(\text{roztoku}) \cdot M(H_2SO_4)}{w(H_2SO_4) \cdot \rho(98\% H_2SO_4)} =$$

$$= \frac{0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0,98 \cdot 1,8361 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} \doteq 2,72 \text{ cm}^3$$

Požadovaný roztok připravíme tak, že odměříme 2,72cm<sup>3</sup> 98% roztoku kyseliny sírové a doplníme vodou na požadovaný objem 100cm<sup>3</sup>.

**Povšimněte si v předcházející příkladě jednotek po dosazení do vzorce! Objem požadovaného roztoku musí být uveden v dm<sup>3</sup>, zatímco hustota výchozího roztoku se udává v g.cm<sup>-3</sup> !!! Při dodržení tohoto postupu obdržíme výsledek v požadovaných cm<sup>3</sup>.**

Pokud vzorec odvozený v předcházejícím příkladě zobecníme obdržíme následující vztah:



**Máme-li připravit roztok o molární koncentraci c a objemu V ředěním roztoku o hmotnostním zlomku w vodou, postupujeme tak, že odměříme do malého množství vody objem V' výchozího roztoku a doplníme na požadovaný objem V vodou. Potřebný objem V' vypočítáme podle následujícího vztahu:**

$$V' = \frac{c \cdot V \cdot M}{w \cdot \rho}$$

kde M je molární hmotnost rozpuštěné látky a ρ hustota výchozího

**roztoku. Objem V musí být dosazen v dm<sup>3</sup>, c v mol.dm<sup>-3</sup>, M v g.mol<sup>-1</sup> a ρ v g.cm<sup>-3</sup>.**

**?** *Jaký objem kyseliny dusičné o hmotnostním zlomku  $w=0,66$  je třeba odměřit k přípravě  $200\text{ cm}^3$  desetimolárního roztoku ( $c=0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), jestliže hustota původního roztoku je  $\rho=1,396\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ?*

**!** Můžeme využít odvozený vztah  $V' = \frac{c \cdot V \cdot M}{w \cdot \rho}$ , do něhož dosadíme. Nezapomeneme si ovšem uvědomit, že objem požadovaného roztoku  $V = 0,2\text{ dm}^3$ . Výpočet je potom jednoduchý:  $V' = \frac{0,1 \cdot 0,2 \cdot (1 + 14 + 3 \cdot 16)}{0,66 \cdot 1,396} \doteq 1,37\text{ cm}^3$ .

Můžeme být také postaveni před úkol zředit roztok o známé molární koncentraci na roztok o nižší molární koncentraci. Zde je ovšem postup řešení jednodušší, jak uvidíme z následujícího příkladu.

**?** *Jaký objem  $V_1$  kyseliny chlorovodíkové o molární koncentraci  $c_1=0,5\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  je třeba k přípravě  $100\text{ cm}^3$  ( $V_2$ ) roztoku kyseliny o koncentraci  $c_2=0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ?*

**!** Úvaha je velmi jednoduchá. Ze vztahu  $c = \frac{n}{V}$  vyplývá, že na přípravu požadovaného roztoku potřebujeme 0,01 molu kyseliny, neboť  $n = c_2 \cdot V_2 = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01\text{ mol}$  (Opět nesmíme zapomenout, že objem je nutno převést na  $\text{dm}^3$ !). Nyní určíme objem původní kyseliny, která dané látkové množství obsahuje:  $V_1 = \frac{n}{c_1} = \frac{0,01}{0,5} = 0,02\text{ dm}^3$ .

Potřebujeme  $20\text{ cm}^3$  původní kyseliny.

**!** Obdobně lze odvodit i obecný vzorec. Z definice molární koncentrace plyne, že  $c_1 = \frac{n}{V_1}$  a  $c_2 = \frac{n}{V_2}$ . Odtud získáme:  $n = c_1 \cdot V_1$  a také  $n = c_2 \cdot V_2$ . Spojením obou vztahů získáme rovnici  $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$ . Potřebnou veličinu z ní snadno získáme:  $V_1 = \frac{c_2}{c_1} \cdot V_2 = \frac{0,1}{0,5} \cdot 100 = 20\text{ cm}^3$ . Všimněte si, že v tomto případě nemusíme převádět objem na  $\text{dm}^3$ , neboť podíl koncentrací je bezrozměrná veličina a výsledek tedy obdržíme v takových jednotkách, v jakých dosadíme známý objem.



**Jestliže máme připravit roztok nějaké látky o objemu  $V_2$  a koncentraci  $c_2$  tak, že zředíme vodou roztok téže látky o objemu  $V_1$  a koncentraci  $c_1$  (přičemž je zřejmé,**

**že musí být  $c_1 > c_2$ ), pak platí, že  $V_1 = \frac{c_2}{c_1} \cdot V_2$ .**

Je vidět, že uvedený vztah platí bez ohledu na látku, jejíž roztok ředíme. Postup je tedy vždy stejný a název látky je v zadání úlohy pro výpočet naprosto nepodstatný. Je ovšem pravda, že v laboratorní praxi se s tímto typem řešení setkáváme méně často.

**? Kolik jednomolárního roztoku hydroxidu sodného potřebujeme k přípravě 200 cm<sup>3</sup> čtvrtmolárního roztoku?**

**!** Řešení získáme prostým dosazením:  $V_1 = \frac{c_2}{c_1} \cdot V_2 = \frac{0,25}{1} \cdot 200 = 50 \text{ cm}^3$ . Potřebujeme 50 cm<sup>3</sup> jednomolárního roztoku.

Dalším, velmi častým problémem je situace, kdy máme dva roztoky téže látky o různých hmotnostních zlomcích. Jejich smícháním máme získat roztok, jehož hmotnostní zlomek bude mít hodnotu ležící mezi hodnotami hmotnostních zlomků původních roztoků. Tuto situaci popisuje zředovací rovnice.



**Jestliže smícháme roztok o hmotnosti  $m_1$  a hmotnostním zlomku  $w_1$  s roztokem o hmotnosti  $m_2$  a hmotnostním zlomku  $w_2$  získáme roztok o hmotnosti  $m_3$  a hmotnostním zlomku  $w_3$ . Pro tyto veličiny platí vztah:  $m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = m_3 \cdot w_3$ . Zároveň je zřejmé, že platí  $m_3 = m_1 + m_2$ .**

**? Jaký roztok síranu měďnatého vznikne smícháním 5g 10% roztoku a 20g 30% roztoku?**

**!** Dosadíme do zředovací rovnice:  $5 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,3 = (5 + 20) \cdot w_3$  a vyjádříme hmotnostní zlomek získaného roztoku:  $w_3 = \frac{0,5 + 6}{25} = 0,26$ . Získáme 25 g roztoku o hmotnostním zlomku 0,26 (26% roztoku).

**? Kolik 10% a kolik 60% roztoku je třeba k získání 50g 40% roztoku hydroxidu sodného?**

**!**  $m_3 = 50 \text{ g} = m_1 + m_2$ , tedy  $m_2 = 50 - m_1$ . Po dosazení do zředovací rovnice obdržíme:  
 $m_1 \cdot 0,1 + (50 - m_1) \cdot 0,6 = 50 \cdot 0,4$   
 $m_1 \cdot 0,1 + 30 - m_1 \cdot 0,6 = 20$   
 $-0,5 \cdot m_1 = -10$   
 $m_1 = 20 \text{ g}$   
Odtud plyne, že  $m_2 = 50 - 20 = 30 \text{ g}$ .  
K získání 50g 40% roztoku hydroxidu sodného potřebujeme smíchat 20g 10% a 30g 60% roztoku této látky.

Vidíme, že ani při tomto výpočtu není třeba znát o roztok jaké látky se jedná. Je ovšem jisté, že v praxi měříme objem (nikoliv hmotnost) roztoku. V takovém případě potřebujeme ještě znát hustoty jednotlivých roztoků a ty jsou samozřejmě pro každou látku jiné.



? **Jaká množství 50% a 98% kyseliny sírové je třeba slít, abychom získali 100 cm<sup>3</sup> 80% roztoku. Hustota 50% roztoku  $\rho_1=1,395\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , 98% roztoku  $\rho_2=1,8361\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  a 80% roztoku  $\rho_3=1,727\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .**

! Dosazením vztahu pro hustotu, objem a hmotnost do zředovací rovnice získáme:

$$V_1 \cdot \rho_1 \cdot w_1 + V_2 \cdot \rho_2 \cdot w_2 = V_3 \cdot \rho_3 \cdot w_3 \quad (1)$$

$$V_3 \cdot \rho_3 = V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2 \quad (2)$$

Ze vztahu (2) vyjádříme součin  $V_2 \cdot \rho_2$  a dosadíme do (1):

$$V_1 \cdot \rho_1 \cdot w_1 + (V_3 \cdot \rho_3 - V_1 \cdot \rho_1) \cdot w_2 = V_3 \cdot \rho_3 \cdot w_3 \quad \text{a dosadíme známé hodnoty:}$$

$$V_1 \cdot 1,395 \cdot 0,5 + (100 \cdot 1,727 - V_1 \cdot 1,395) \cdot 0,98 = 100 \cdot 1,727 \cdot 0,8$$

$$V_1 \cdot 0,6975 + 169,246 - V_1 \cdot 1,3671 = 138,16$$

$$-0,6696 \cdot V_1 = -31,086$$

$$V_1 = \frac{-31,086}{-0,6696} \doteq 46,42\text{cm}^3$$

Objem druhého roztoku vypočítáme ze vztahu (2) vyjádřením  $V_2$ :

$$V_2 = \frac{V_3 \cdot \rho_3 - V_1 \cdot \rho_1}{\rho_2} = \frac{100 \cdot 1,727 - 46,42 \cdot 1,395}{1,8361} \doteq 58,79\text{cm}^3$$

100cm<sup>3</sup> 80% roztoku kyseliny sírové získáme slitím 46,42cm<sup>3</sup> 50% roztoku a 58,79cm<sup>3</sup> 98% roztoku této kyseliny.

Všimněte si důležitého faktu. Součet objemů výchozích roztoků je větší než objem roztoku výsledného. Při výpočtu  $V_2$  tedy nemůžeme od hodnoty  $V_3$  pouze odečíst  $V_1$ .



**Jestliže smícháním roztoků různých koncentrací o objemech  $V_1$  a  $V_2$  získáme roztok o objemu  $V_3$ , pak platí, že  $V_3 < V_1 + V_2$ .**

? **Jaký roztok a o jakém objemu vznikne smícháním 50cm<sup>3</sup> 20% roztoku hydroxidu sodného se 100cm<sup>3</sup> 10% roztoku? (Hustota 20% roztoku  $\rho_1=1,219\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  a 10% roztoku  $\rho_2=1,109\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )**

$$! \quad V_1 \cdot \rho_1 \cdot w_1 + V_2 \cdot \rho_2 \cdot w_2 = (V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2) \cdot w_3$$

$$50 \cdot 1,219 \cdot 0,2 + 100 \cdot 1,109 \cdot 0,1 = (50 \cdot 1,219 + 100 \cdot 1,109) \cdot w_3$$

$$23,28 = 171,85 \cdot w_3$$

$$w_3 \doteq 0,14$$

Uvedeným postupem získáme asi 14% roztok.

Pokud navíc chceme spočítat jeho objem (víme, že bude o něco menší než 150cm<sup>3</sup>), musíme znát jeho hustotu. V příručních tabulkách zjistíme, že hustota 14% roztoku NaOH je  $\rho_3=1,153\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

$$V_3 = \frac{m_3}{\rho_3} = \frac{m_1 + m_2}{\rho_3} = \frac{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2}{\rho_3} = \frac{50 \cdot 1,219 + 100 \cdot 1,109}{1,153} \doteq 149\text{cm}^3$$

Uvedeným postupem získáme asi 149cm<sup>3</sup> přibližně 14% roztoku NaOH.

V laboratorní praxi se ovšem nejčastěji s případem ředění roztoku vodou. V tom případě se zředovací rovnice výrazně zjednoduší, neboť vodu můžeme považovat za druhý roztok dané látky, kdy  $w_2=0$ .



**Ředíme-li roztok o hmotnosti  $m_1$  a hmotnostním zlomku  $w_1$  vodou o hmotnosti  $m_2$  na roztok o hmotnosti  $m_3=m_1+m_2$  a hmotnostním zlomku  $w_3$ , pak platí zjednodušená zředovací rovnice:  $m_1 \cdot w_1 = m_3 \cdot w_3$ .**

**? Kolik gramů vody je třeba přidat ke 350g 10% roztoku jodidu draselného, aby vznikl 6% roztok?**

**!** Je-li hmotnost vody  $m_2$ , pak platí, že  $m_2 = m_3 - m_1$ . Hmotnost původního roztoku známe, chybí nám hmotnost výsledného 6% roztoku. Tu vypočítáme ze zjednodušené zředovací rovnice:  $m_3 = \frac{m_1 \cdot w_1}{w_3} = \frac{350 \cdot 0,1}{0,06} \doteq 583,33g$ . Odtud vyplývá, že hmotnost vody musí být  $m_2 = m_3 - m_1 = 583,33 - 350 = 233,33g$ .

**? Kolik a jakého roztoku vznikne zředěním 100g 60% roztoku síranu sodného 50g vody?**

**!** Hmotnost výsledného roztoku je  $m_3 = 100 + 50 = 150g$ . Jeho koncentraci určíme ze zředovací rovnice:  $w_3 = \frac{m_1 \cdot w_1}{m_3} = \frac{100 \cdot 0,6}{150} = 0,4$ . Vznikne 40% roztok.

I v těchto případech ovšem častěji pracujeme s objemem roztoků, čímž se výpočet komplikuje o vztah mezi hmotnostmi, objemem a hustotou.

**? Kolik  $cm^3$  30% roztoku hydroxidu draselného o hustotě  $\rho_1=1,2879g \cdot cm^{-3}$  a kolik  $cm^3$  vody je třeba na přípravu  $2000cm^3$  10% roztoku ( $\rho_3=1,0904g \cdot cm^{-3}$ )?**

**!** Ze zředovací rovnice a definičního vztahu pro hustotu plyne:

$$V_1 \cdot \rho_1 \cdot w_1 = V_3 \cdot \rho_3 \cdot w_3$$

$$V_1 \cdot 1,2879 \cdot 0,3 = 2000 \cdot 1,0904 \cdot 0,1$$

$$V_1 = \frac{2000 \cdot 1,0904 \cdot 0,1}{1,2879 \cdot 0,3} \doteq 564,43cm^3$$

Objem vody vypočítáme ze vztahu  $V_3 \cdot \rho_3 = V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2$ :

$$V_2 = \frac{V_3 \cdot \rho_3 - V_1 \cdot \rho_1}{\rho_2} = \frac{2000 \cdot 1,0904 - 564,43 \cdot 1,2879}{1} \doteq 1453,87cm^3$$

Opět si povšimněte, že součet objemů původního roztoku a vody je o něco větší, než objem výsledného roztoku. V praxi se obvykle postupuje tak, že se přesně odměří potřebný objem původního roztoku ( $m_1$ ) a nalije se do odměrné baňky potřebného objemu ( $m_3$ ). Vodou se dolije na výsledný objem a poté se v baňce roztok promíchá. Objem se většinou poněkud zmenší a opět se tedy doplní vodou. Takto připravený roztok má zadané parametry s běžně požadovanou přesností.

Někdy nemusíme roztok ředit, ale naopak doplnit o ještě nerozpuštěnou látku.

**?** *Kolik gramů dusičnanu draselného je třeba přidat ke  $100\text{cm}^3$  10% roztoku, aby vznikl 20% roztok? (Hustota 10% roztoku  $\rho_1=1,063\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )*

**!** Můžeme použít úplnou zředovací rovnici, pokud si uvědomíme, že druhým „roztokem“ je čistý dusičnan draselný, a proto je  $w_2 = 1$  („100% roztok“).

$$\underbrace{V_1 \cdot \rho_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2}_{m_1} = \underbrace{(V_1 \cdot \rho_1 + m_2)}_{m_3} \cdot w_3$$

$$100 \cdot 1,063 \cdot 0,1 + m_2 \cdot 1 = (100 \cdot 1,063 + m_2) \cdot 0,2$$

$$10,63 + m_2 = 21,26 + 0,2 \cdot m_2$$

$$0,8 \cdot m_2 = 10,63$$

$$m_2 = \frac{10,63}{0,8} \doteq 13,29\text{g}$$

Velmi obdobná je situace, kdy koncentrujeme roztok krystalickou látkou, která navíc obsahuje krystalovou vodu. To je velmi častý případ, protože velká část rozpustných krystalických látek jsou hydráty.

**?** *Kolik gramů dihydrátu chloridu barnatého je třeba přidat ke  $100\text{cm}^3$  20% roztoku, aby vznikl 30% roztok? (Hustota 20% roztoku  $\rho_1=1,203\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )*

**!** Musíme si uvědomit, že prvý roztok mísíme s „druhým roztokem“, který má však podobu pevné látky. Jeho hmotnostní zlomek vypočítáme molárních hmotností:

$$w_2 = \frac{M(\text{BaCl}_2)}{M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})} \doteq \frac{137,3 + 2 \cdot 35,5}{137,3 + 2 \cdot 35,5 + 2 \cdot (2 \cdot 1 + 16)} \doteq 0,85 \quad . \quad \text{Dihydrát chloridu}$$

barnatého lze tedy chápat jako 85% „roztok“ této látky.

$$\underbrace{V_1 \cdot \rho_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2}_{m_1} = \underbrace{(V_1 \cdot \rho_1 + m_2)}_{m_3} \cdot w_3$$

$$100 \cdot 1,203 \cdot 0,2 + m_2 \cdot 0,85 = (100 \cdot 1,203 + m_2) \cdot 0,3$$

$$\text{Odtud obvyklými úpravami vyjádříme neznámou } m_2 = \frac{12,03}{0,55} \doteq 21,87\text{g} .$$

Ke  $100\text{cm}^3$  20% roztoku chloridu barnatého musíme přidat 21,87g dihydrátu chloridu barnatého.

## A.4.1. Úlohy

- 23) Jaký je hmotnostní zlomek 19,07M roztoku hydroxidu sodného, jehož hustota je  $1,5253\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ?
- 24) Kolik  $\text{cm}^3$  20% roztoku chloridu sodného o hustotě  $1,148\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  je třeba k přípravě  $250\text{cm}^3$  desetinomolárního roztoku?
- 25) Jaká je molární koncentrace 27% roztoku hydroxidu draselného o hustotě  $1,252\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ?
- 26) Na jaký objem je třeba zředit roztok, který vznikl rozpuštěním 50g heptahydrátu síranu zinečnatého ve  $250\text{cm}^3$  vody, aby výsledný roztok síranu byl  $0,1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ?
- 27) Jaký objem 0,1M roztoku kyseliny sírové je možné připravit z  $55\text{cm}^3$  jejího 50% roztoku? ( $\rho_{50\%}=1,3951\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )
- 28) Kolik  $\text{cm}^3$  26% kyseliny fosforečné o hustotě  $1,1529\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  je třeba na přípravu  $1000\text{cm}^3$  jejího dvoumolárního roztoku?
- 29) Jaký je hmotnostní zlomek 0,495M roztoku uhličitany sodného? ( $\rho=1,0502\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )
- 30) Kolik  $\text{cm}^3$  50% roztoku kyseliny dusičné ( $\rho=1,31\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) a kolik  $\text{cm}^3$  vody bude třeba na přípravu  $1500\text{cm}^3$  20% roztoku této kyseliny ( $\rho=1,115\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )?
- 31) Kolik 60% kyseliny dusičné ( $\rho=1,3667\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) a kolik 10% roztoku této kyseliny ( $\rho=1,0543\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) je třeba smísit pro přípravu  $5\text{dm}^3$  30% roztoku ( $\rho=1,18\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )?
- 32) Jaký je hmotnostní zlomek roztoku dusitanu draselného, který vznikl odpařením 200g vody z  $650\text{g}$  6% roztoku?
- 33) Jaké objemy roztoku uhličitany sodného o hmotnostních zlomcích  $w_1=0,05$  ( $\rho_1=1,05\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) a  $w_2=0,14$  ( $\rho_2=1,146\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) je třeba smísit pro získání  $400\text{cm}^3$  8% roztoku ( $\rho_3=1,082\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )
- 34) Kolik gramů modré skalice ( $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) je třeba rozpustit v  $350\text{cm}^3$  10% roztoku síranu měďnatého, aby vznikl 15% roztok? ( $\rho_{10\%}=1,107\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )?
- 35) Na jaký objem je třeba zředit  $100\text{cm}^3$  roztoku žluté krevní soli o koncentraci  $c=1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ , aby vznikl roztok půlmolární.
- 36) Jaký roztok vznikne smícháním  $100\text{cm}^3$  16% roztoku hydroxidu sodného ( $\rho_1=1,175\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) a  $200\text{cm}^3$  42% roztoku ( $\rho_2=1,449\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )?

## A.5. Výpočty z rovnic

Velmi častým výpočtem laboratorní praxe je potřeba určit množství reaktantů dané chemické reakce. Reaguje-li například látka A s látkou B, musíme vypočítat kolik látky B máme odvážit, aby se sloučila s určitým množstvím látky A.

Nutno ještě dodat, že při experimentu můžeme reakci připravit dvěma způsoby:



Říkáme, že reakce proběhne beze zbytku, právě tehdy, když jsou množství výchozích látek na počátku reakce taková, že po úplném proběhnutí děje zleva doprava nezůstane nezreagovaná žádná výchozí látka.



Říkáme, že reakce proběhne v nadbytku látky A, právě tehdy, když jsou látková množství výchozích látek na počátku reakce taková (látka A je mezi výchozími látkami), že po úplném proběhnutí děje zleva doprava, to je tehdy, kdy některá z výchozích látek již zcela zreagovala, zůstane ještě část látky A nezreagovaná.

Při obou způsobech je ovšem nutno provést stejný výpočet. Máme-li x gramů látky A, musíme vypočítat, kolik g látky B je třeba, aby reakce proběhla beze zbytku i tehdy, má-li proběhnout v nadbytku látky B. V takovém případě prostě navážíme větší množství, než ukázal výpočet.

**?** *Kolik síry je třeba k reakci s 5g india, má-li vzniknout sulfid inditý a reakce proběhne beze zbytku.*

**!** Základem každého výpočtu je správně vyčíslená rovnice:  $2In + 3S \rightarrow In_2S_3$

Tato rovnice vyjadřuje, v jakém poměru látkových množství spolu indium a síra reagují. Ze stechiometrických koeficientů platí, že  $\frac{n(In)}{n(S)} = \frac{2}{3}$ . Odtud získáme

základní rovnici pro další výpočet:  $3 \cdot n(In) = 2 \cdot n(S)$ . Do této rovnice dosadíme vztah pro látkové množství, hmotnost a molární hmotnost.

$$3 \cdot \frac{m(In)}{M(In)} = 2 \cdot \frac{m(S)}{M(S)}$$

$$3 \cdot \frac{5}{115} = 2 \cdot \frac{m(S)}{32}$$

$$m(S) = \frac{3 \cdot 5 \cdot 32}{2 \cdot 115} \doteq 2,09g$$

S 5g India se beze zbytku sloučí asi 2,09g síry.



Při výpočtu z rovnice sestavíme základní matematický vztah tak, že položíme rovnost mezi látková množství známé a neznámé látky vynásobené křížem stechiometrickými koeficienty z vyčíslené chemické rovnice.

? *Kolik gramů chloridu barnatého potřebujeme k reakci se 4g síranu sodného (vzniká mimo jiné síran barnatý) tak, aby reakce proběhla beze zbytku.*

! Sestavíme a vyčíslíme chemickou rovnici:  $\underbrace{BaCl_2}_{\text{neznámá látka}} + \underbrace{Na_2SO_4}_{\text{známá látka}} \rightarrow BaSO_4 + 2NaCl$

Sestavíme matematickou rovnici:  $1 \cdot n(BaCl_2) = 1 \cdot n(Na_2SO_4)$

$$\frac{m(BaCl_2)}{M(BaCl_2)} = \frac{m(Na_2SO_4)}{M(Na_2SO_4)}$$
$$\frac{m(BaCl_2)}{208} = \frac{4}{142}$$
$$m(BaCl_2) = \frac{4 \cdot 208}{142} \doteq 5,86 \text{ g}$$

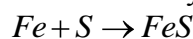
? *Kolik gramů mědi může teoreticky vzniknout při aluminotermické reakci 5g hliníku v nadbytku oxidu měďnatého.*

!  $2Al + 3CuO \rightarrow 3Cu + Al_2O_3$

$$2 \cdot n(Cu) = 3 \cdot n(Al)$$
$$2 \cdot \frac{m(Cu)}{M(Cu)} = 3 \cdot \frac{m(Al)}{M(Al)}$$
$$2 \cdot \frac{m(Cu)}{63,55} = 3 \cdot \frac{5}{26,98}$$
$$m(Cu) \doteq 17,67 \text{ g}$$

? *Kolik sulfidu železnatého teoreticky vznikne reakcí 6g železa a 4g síry? Je některá látka v nadbytku?*

! Nejprve určíme, je-li nějaká látka v nadbytku. To uděláme tak, že si jednu z výchozích látek vybereme (např. síru) a vypočítáme potřebnou hmotnost druhé látky (železa). Porovnáním vypočítané hmotnosti se skutečnou určíme, co je v nadbytku.



$$n(S) = n(Fe)$$

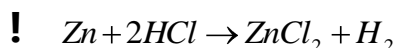
$\frac{4}{32} = \frac{m(Fe)}{56} \Rightarrow m(Fe) = 7 \text{ g} > 6 \text{ g}$ . Protože máme k dispozici pouze 6g železa místo potřebných 7g, je železa „nedostatek“ a v nadbytku je síra. Po proběhnutí reakce tedy zreaguje veškeré železo a část síry zůstane. Pro množství vzniklého sulfidu železnatého tedy určující množství železa:  $n(FeS) = n(Fe)$

$$\frac{m(FeS)}{M(FeS)} = \frac{m(Fe)}{M(Fe)}$$

$$m(FeS) = \frac{6 \cdot (56 + 32)}{56} \doteq 9,43g$$

Reakcí 6g železa v nadbytku síry vznikne teoreticky 9,43g sulfidu železnatého.

**?** *Kolik g chloridu zinečnatého a jaký objem vodíku (za standardních podmínek) vznikne reakcí 3g zinku v nadbytku kyseliny chlorovodíkové?*



$$n(ZnCl_2) = n(Zn)$$

$$\frac{m(ZnCl_2)}{136,3} = \frac{3}{65,38}$$

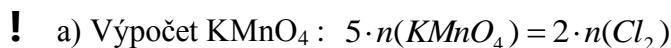
$$m(ZnCl_2) \doteq 6,25g$$

Při výpočtu objemu vodíku budeme postupovat obdobně, ale uvědomíme si, že objem ideálního plynu závisí přímo na látkovém množství, takže hmotnost vůbec nemusíme

počítat:  $n(H_2) = n(Zn) = \frac{m(Zn)}{M(Zn)} = \frac{3}{65,38} \doteq 0,04589mol$

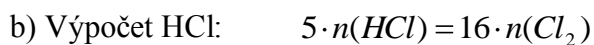
$$V(H_2) = n(H_2) \cdot 22,4 \doteq 1,028dm^3 = 1028cm^3$$

**?** *Reakcí podle rovnice  $16HCl + 2KMnO_4 \rightarrow 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$  má být připraveno 20g chloru. Kolik  $cm^3$  35% roztoku kyseliny chlorovodíkové ( $\rho = 1,1740g \cdot cm^{-3}$ ) a kolik gramů manganistanu draselného je k tomu potřeba?*



$$5 \cdot \frac{m(KMnO_4)}{M(KMnO_4)} = 2 \cdot \frac{m(Cl_2)}{M(Cl_2)}$$

$$m(KMnO_4) = \frac{2 \cdot 20 \cdot 158}{5 \cdot 71} \doteq 17,8g$$



$$\text{stejným postupem } m(HCl) = \frac{16 \cdot 20 \cdot 36,5}{5 \cdot 71} \doteq 32,9g$$

Čisté kyseliny musí být 32,9g . To však v našem roztoku představuje pouze 35% .

Musíme nejprve vypočítat hmotnost 35% roztoku:  $35\% \dots\dots\dots 32,9g$   
 $100\% \dots\dots\dots x g$

$$x = 32,9 \cdot \frac{100}{35} = 94g . \text{ Zbývá určit objem: } V = \frac{m}{\rho} = \frac{94}{1,1740} \doteq 80cm^3$$

K získání 20g chloru je třeba 17,8g manganistanu draselného a 80 $cm^3$  35% roztoku kyseliny chlorovodíkové.

## A.5.1. Úlohy

- 37) Kolik gramů oxidu železitého a kolik gramů hliníku je třeba navázat na přípravu 30g železa aluminotermickou reakcí? (Oxid železitý reaguje s hliníkem za vzniku železa a oxidu hlinitého.)
- 38) Hořčík reaguje s oxidem křemičitým podle jedné ze dvou rovnic podle toho, v jakém poměru jsou reaktanty přítomny. Podle jaké rovnice bude převážně probíhat reakce 9g hořčíku a 10g oxidu křemičitého?  
(1. rovnice:  $2Mg + SiO_2 \rightarrow Si + 2MgO$ , 2. rovnice:  $4Mg + SiO_2 \rightarrow Mg_2Si + 2MgO$ )
- 39) Kolik gramů oxidu vápenatého a kolik  $cm^3$  oxidu uhličitého lze získat rozkladem 12g uhličitanu vápenatého?
- 40) 50g 5% roztoku hydroxidu sodného bylo zneutralizováno odpovídajícím množstvím 10% roztoku kyseliny chlorovodíkové. Kolik gramů a jakého roztoku chloridu sodného vzniklo?
- 41) 5g hliníku a 20g jodu spolu reagovalo za vzniku chloridu hlinitého. Jaký reaktant byl v nadbytku a kolik gramů produktu vzniklo, byla-li jedna výchozí látka zcela spotřebována?
- 42) Do  $200cm^3$  roztoku kyseliny sírové o koncentraci  $c=0,5mol.dm^{-3}$  bylo vhozeno 5g zinku. Určete, která výchozí látka je v nadbytku a kolik síranu zinečnatého může teoreticky vzniknout touto reakcí.
- 43) Jaký objem oxidu uhličitého (za normálních podmínek) je schopen absorbovat 10% roztok hydroxidu draselného o hmotnosti 250g? ( $2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$ )?