

## Chemické výpočty (ze vzorců, roztoky, z chemických rovnic)

### A/ Výpočty z chemických vzorců

#### a) výpočet procentového zastoupení složky (prvku, sloučeniny) v látce

Obecně předpokládáme, že složení látky je dáno vzorcem  $(A_xB_yC_z)_n$ , kde

A, B, C ... jsou složky (prvky, sloučeniny),

x, y, z ..... jsou koeficienty, označující počet atomů (molekul) složek A, B, C,

n ..... je počet jednoduchých molekul  $(A_xB_yC_z)$  v látce  $(A_xB_yC_z)_n$  (v makromolekule);

n = 1, 2, 3....až...n.

Procentové zastoupení složky v látce  $p_{\text{slož.}}$  udáváme v % a určíme podle vztahu :

$$p_{\text{slož.}} = w_{\text{slož.}} \cdot 100 = \frac{k \cdot A_r(\text{slož.})}{M_r(\text{slouč.})} \cdot 100 \quad ; \quad p_A = w_A \cdot 100 = \frac{x \cdot A_r(A)}{M_r(A_xB_yC_z)} \cdot 100 \quad (\%)$$

kde  $w_A$  ... je tzv. hmotnostní zlomek složky A,

$A_r(A)$  ... je atomová relativní hmotnost složky A,

$M_r(A_xB_yC_z)$  ..... je molekulová relativní hmotnost látky  $(A_xB_yC_z)$

k ..... je obecně počet atomů (molekul) složek v molekule látky, tj. pro jednotlivé složky

k = x, y, z.

Poznámka: Je-li složkou sloučenina, nahradíme  $A_r$  molekulovou relativní hmotností složky  $M_r$ .

Obdobně můžeme vypočítat  $p_B$  a  $p_C$  (poznámka:  $w$  počítáme obvykle na 4 desetinná místa,  $p$  na 2 deset. místa). Součet všech  $p$  je roven 100 %.

#### b) výpočet hmotnostního zastoupení složky (prvku, sloučeniny) v daném množství látky.

Pro výpočet  $m_{\text{slož.}}$  vycházíme z obecného vztahu :

$$m_{\text{slož.}} = w_{\text{slož.}} \cdot m_{\text{slouč.}} = \frac{x \cdot A_r(\text{slož.})}{M_r(\text{slouč.})} \cdot m(\text{slouč.})$$

Pro výpočet hmotnosti složky A -  $m_A$  – pak máme:

$$w_A = \frac{x \cdot A_r(A)}{M_r(A_xB_yC_z)} = \frac{m_A}{m(A_xB_yC_z)} \quad ; \quad \text{odtud}$$

$$m_A = w_A \cdot m(A_xB_yC_z) = \frac{x \cdot A_r(A)}{M_r(A_xB_yC_z)} \cdot m(A_xB_yC_z)$$

kde  $w_A$  je hmotnostní zlomek složky A v látce  $A_xB_yC_z$ ,

$m_A$  je hmotnost složky A

$m(A_xB_yC_z)$  je hmotnost látky  $A_xB_yC_z$

### B/ Určení empirického a molekulového (sumárního) vzorce látky (sloučeniny).

*Empirický vzorec* – udává nejjednodušší poměr atomů prvků ve sloučenině, např.  $P_2O_5$ ,  $CH_2O$ ,  $NO_2$ ,  $HPO_3$  apod.

*Molekulový (sumární) vzorec* – udává celkový počet atomů jednotlivých prvků v molekule sloučeniny, např.  $P_4O_{10} \equiv (P_2O_5)_2$ ,  $C_2H_4O_2 \equiv (CH_2O)_2$ , tj. kyselina octová  $CH_3COOH$  nebo  $C_6H_{12}O_6 \equiv (CH_2O)_6$ , tj. glukóza nebo fruktóza  $C_6H_{12}O_6$ ,  $N_2O_4$  neboli  $(NO_2)_2$ ,  $H_3P_3O_9 \equiv (HPO_3)_3$  nebo  $H_4P_4O_{12} \equiv (HPO_3)_4$ .

**a) určení empirického vzorce  $A_xB_yC_z$**

počítáme podle vztahu

$$x : y : z = \frac{w_A}{A_r(A)} : \frac{w_B}{A_r(B)} : \frac{w_C}{A_r(C)}$$

Poznámka: hodnoty  $w_{\text{slož.}}$  lze nahradit hodnotami  $p_{\text{slož.}}$  nebo  $m_{\text{slož.}}$

Po dosazení za  $w$  a  $A_r$  vypočítáme hodnoty zlomků (s přesností na 4 des. místa) a jejich poměr upravíme (zpravidla vydělením nejmenším z čísel) na poměr malých a celých čísel. Takto zjištěná odpovídající čísla dosadíme do vzorce  $A_xB_yC_z$ . Získaný vzorec je vzorec empirický.

**b) určení molekulového vzorce  $(A_xB_yC_z)_n$**

je v zásadě zaměřeno na určení čísla  $n$ , což je násobek empirického vzorce ve vzorci molekulovém. Je-li  $n = 1$ , je vzorec empirický totožný se vzorcem molekulovým.

Obecně číslo  $n$  vypočítáme jako podíl molekulové relativní hmotnosti látky (sloučeniny)  $M_r(A_xB_yC_z)_n$ , kterou zjistíme experimentálně (např. ze stavové rovnice, kryoskopickou nebo ebullioskopickou metodou), a molekulové relativní hmotnosti  $M_r(A_xB_yC_z)$  empirického vzorce.

$$n = \frac{M_r(A_xB_yC_z)_n}{M_r(A_xB_yC_z)}$$

Získanou hodnotou  $n$  vynásobíme koeficienty  $x$ ,  $y$ ,  $z$  v empirickém vzorci  $A_xB_yC_z$  (viz odstavec a)).

**Příklady na:**

**A. Výpočet procentového zastoupení složky (prvku, sloučeniny) v látce.**

Příklad 1. Látka má sumární vzorec  $C_6H_{12}O_6$ . Jaké je procentové zastoupení prvků ve sloučenině ?

$$M_r(C_6H_{12}O_6) = 180.$$

Řešení :

Z tabulek zjistíme  $A_r$  jednotlivých prvků a určíme jejich hmotnostní zlomky  $w_C$ ,  $w_H$  a  $w_O$ .

$$w_C = \frac{6 \cdot 12,01}{180,00} = 0,4003; \quad w_H = \frac{12 \cdot 1,001}{180,00} = 0,0667; \quad w_O = \frac{6 \cdot 15,994}{180,00} = 0,5331$$

Pak  $p_C = w_C \cdot 100 = 40,03 \%$ ,  $p_H = w_H \cdot 100 = 6,67 \%$ ,  $p_O = w_O \cdot 100 = 53,31 \%$

Odpověď: Látka obsahuje 40,03 % uhlíku, 6,67 % vodíku a 53,31 % kyslíku.

Příklad 2. Vyjádřete procentové zastoupení vody a čistého síranu měďnatého v modré skalici  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ .  $M_r(CuSO_4 \cdot 5 H_2O) = 249,68$ ;  $M_r(H_2O) = 18,016$ ;  $M_r(CuSO_4) = 159,60$ ;

Řešení :

Vypočítáme  $w(CuSO_4)$  a  $w(H_2O)$

$$w(CuSO_4) = \frac{M_r(CuSO_4)}{M_r(CuSO_4 \cdot 5 H_2O)} = \frac{159,60}{249,68} = 0,6392; \quad p(CuSO_4) = 63,92 \%$$

$$w(H_2O) = \frac{5 \cdot M_r(H_2O)}{M_r(CuSO_4 \cdot 5 H_2O)} = \frac{5 \cdot 18,016}{249,68} = 0,3609; \quad p(H_2O) = 36,09 \%$$

Odpověď: Modrá skalice je tvořena 36,09 % vody a 63,92 % síranu měďnatého.

**Příklad 3.** Vypočítejte procentový obsah prvků v organické sloučenině, jestliže při spalování 0,253 g této látky vzniklo 0,242 g oxidu uhličitého a 0,099 g vody ?

Výpočet : vypočítáme hmotnost uhlíku a vodíku v uvedeném množství vzorku organické látky a přepočítáme na procenta vzhledem k hmotnosti vzorku.

$$m_C / 0,242 = M_{rC} / M_r(\text{CO}_2) ; \quad m_C = \frac{12}{44} \cdot 0,242 = 0,066 \text{ g} ; \quad p_C = \frac{m_C}{0,253} \cdot 100 = \mathbf{26,09 \%}$$

$$m_H = \frac{2 \cdot A_r(\text{H})}{M_r(\text{H}_2\text{O})} \cdot m(\text{H}_2\text{O}) ; \quad m_H = \frac{2 \cdot 1,007}{8,016} \cdot 0,099 = 0,0111 \text{ g} ; \quad p_H = \frac{m_H}{0,253} \cdot 100 = \mathbf{4,39 \%}$$

Procentový obsah kyslíku je dán rozdílem do 100 %. Tedy  $p_O = 100 - 30,48 = \mathbf{69,52 \%}$

Odpověď: *Organická sloučenina obsahuje 26,09 % uhlíku, 69,52 % kyslíku a 4,39 % vodíku.*

### B. Výpočet empirického a molekulového vzorce sloučeniny

**Příklad 1.** Určete empirický a molekulový vzorec organické sloučeniny, která obsahuje 26,09 % uhlíku, 4,39 % vodíku a zbytek připadá na kyslík.  $M_r$  sledované sloučeniny je 46.

Výpočet: obecný vzorec sloučeniny je  $(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)_n$

$$x : y : z = \frac{p_C}{A_{rC}} : \frac{p_H}{A_{rH}} : \frac{p_O}{A_{rO}} = \frac{26,09}{12} : \frac{4,39}{1,007} : \frac{69,52}{16}$$

$$x : y : z = 2,1742 : 4,3595 : 4,3450$$

$$x : y : z = 1 : 2 : 2$$

Odpověď: Empirický vzorec látky je  $\text{C}_1\text{H}_2\text{O}_2$ .

Molekulový vzorec zjistíme, když určíme  $n$ ;  $n = \frac{M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)_n}{M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)} = \frac{46}{46} = \mathbf{1}$ . Odtud plyne,

že empirický vzorec je totožný se vzorcem molekulovým. Jedná se pravděpodobně o kys. mravenčí.

### **Příklady k procvičení.**

1. Určete hmotnostní zlomky pro prvky obsažené v kyselině sírové, dusičné, chlorovodíkové.
2. Která z uvedených rud železa obsahuje nejvíce železa – siderit (ocelek), krevet, limonit, magnetit ?
3. Kolik procent vody obsahuje podvojný síran železnatoamonný, jedná-li se o hexahydrát ?
4. Kolik gramů mědi je obsaženo v 100 gramech a) čistého oxidu měďnatého, b) oxidu měďnatého, obsahujícího 5 % nečistot ?
5. Vypočítejte, jakému množství bezvodého síranu měďnatého odpovídá 50 g jeho pentahydrátu.
6. Kolik kg hliníku se dá teoreticky získat z 1 tuny čistého oxidu hlinitého ?
7. Určete empirický a molekulový vzorec sloučeniny, v níž je 82,80 % uhlíku a 17, 20 % vodíku. ( $M = 58,12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).
8. Minerál kaolinit má podle analýzy složení: 39,50 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 46,52 %  $\text{SiO}_2$  a 13,95 % vody. Jaký je jeho empirický vzorec ?
9. Úplným spálením 0,2036 g organické látky, obsahující pouze uhlík, vodík a kyslík, bylo získáno 0,3895 g  $\text{CO}_2$  a 0,2390 g  $\text{H}_2\text{O}$ . Vypočítejte empirický a molekulový vzorec sloučeniny ( $M = 46,07 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) a uveďte možnou konkrétní sloučeninu.
10. Vyjádřete složení křemičitanu hořečnatého  $\text{MgSiO}_3$  v procentech kysličníků.

## C/ Roztoky

Pod pojmem roztoky budeme pro jednoduchost považovat tzv. *homogenní (stejnorodé)* čili *pravé roztoky*, které ve všech svých částech mají stejné vlastnosti. Velikost jejich částic je menší než  $10^{-9}\text{m}$  a jednotlivé složky nelze zjistit pouhým pohledem ani mikroskopem (např. vzduch, vodné roztoky kyselin, hydroxidů nebo solí, přírodní voda apod.). Částice látek tvořících roztok (atomy, molekuly, ionty) jsou dokonale rozptýleny a vzájemně mezi sebou nereagují.

Roztoky dělíme podle vlastností rozpouštěné látky na:

- roztoky neelektrolytů* – molekuly rozpustné látky se neštěpí, přecházejí do roztoku jako celek, roztoky nevedou elektrický proud, např. roztok jodu v  $\text{CCl}_4$  nebo cukr ve vodě,
- roztoky elektrolytů* – molekuly rozpustné sloučeniny se rozpouštědlem štěpí na ionty, proto vzniklý roztok je elektricky vodivý, např. roztok  $\text{NaCl}$  ve vodě, roztoky kyselin ve vodě apod.

Z hlediska skupenství je můžeme dělit na roztoky:

- plynné* (plyn v plynu), např. vzduch, svítiplyn;
- kapalně* (kapalina v kapalině, plyn v kapalině, pevná látka v kapalině), např. etanol ve vodě, vzduch ve vodě, jod v lihu;
- pevné* (plyn nebo pevná látka v pevné látce), např. vodík v platině, slitiny kovů.

V praxi jsou nejčastější roztoky kapalně, zejména roztoky vodné.

V roztocích rozlišujeme **složky** roztoku. Jsou to **rozpuštědlo** (je obvykle v nadbytku) a **rozpuštěná látka**. Nejčastějším rozpouštědlem je voda, často jím může být rovněž např. benzín, aceton, ethanol, kys. octová apod.

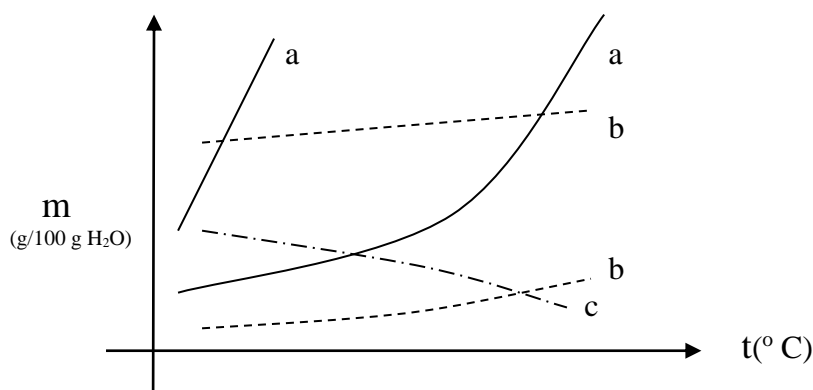
Pro charakteristiku roztoků jsou důležité tyto pojmy:

### a) rozpustnost látek

Roztoky bývají **nasycené** tj. další množství látky se již v roztoku nerozpouští, a **nenasycené**, v nichž lze ještě rozpustit další množství látky. Nasycenost roztoku je funkcí teploty, příp. tlaku (u plynů) a je vyjádřena veličinou, která se nazývá **rozpustnost**.

**Rozpustnost látky v rozpouštědle udává hmotnost dané látky (v gramech), která se rozpustí při dané teplotě ve 100 gramech rozpouštědla ( $\text{g}/100\text{g rozp.}$ ) na nasycený roztok** nebo **udává hmotnost dané látky (v gramech), která je obsažena ve 100 gramech nasyceného roztoku ( $\text{g}/100\text{g nasyc. roztoku}$ )**. Oba typy rozpustnosti lze nalézt v tabulkách, lze je vzájemně přepočítat.

Závislost rozpustnosti na teplotě je pro různé látky rozdílná. Pro většinu látek s rostoucí teplotou značně stoupá (křivka a), např.  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$  apod. U některých látek je vzestup jen velmi pozvolný (křivka b), např. u  $\text{NaCl}$  při zvýšení teploty z  $20^\circ\text{C}$  na  $100^\circ\text{C}$  stoupne rozpustnost pouze o 3 gramy. Pro některé látky (křivka c), např.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  nebo  $\text{CaCrO}_4$  rozpustnost s rostoucí teplotou klesá. Grafickým vyjádřením výše uvedené závislosti jsou tzv. *křivky rozpustnosti*. Schématicky jsou zaznamenány níže na obrázku: (viz také Dodatek: Fázové rovnováhy, soustavy II.řádu, poznámka 2.



Příklad 1. Rozpustnost chloridu draselného KCl je při 20°C 34g na 100g vody. Vyjádřete rozpustnost uvedené sloučeniny v g na 100 g nasyceného roztoku.

Výpočet: Hmotnost vzniklého nasyceného roztoku je (34g KCl + 100g vody), tj. 134g roztoku  
Ve 134 g nas. roztoku je 34 g KCl  
Ve 100 g nas. roztoku je m g KCl

$$m = 100/134 \times 34 = 25,37 \text{ g KCl}$$

Odpověď: Ve 100 g nasyceného roztoku je 25,37 g KCl

Příklad 2. Rozpustnost dusičnanu stříbrného AgNO<sub>3</sub> je při 20°C 219 g ve 100 g vody a při 100 °C 1024 g ve 100 g vody. Kolik gramů AgNO<sub>3</sub> se vyloučí při ochlazení 200 g nasyceného roztoku z teploty 100 °C na 20°C ?

Výpočet: úměrou zjistíme, že

- je-li **při 20°C** je ve **(219 + 100) g** nas. roztoku obsaženo **219 g** AgNO<sub>3</sub>, je ve **200 g** nas. roztoku obsaženo **137,30 g** AgNO<sub>3</sub> (m<sub>20</sub>). Podobně pro 100°C zjistíme, že
- je-li **při 100°C** je ve **(1024 + 100) g** nas. roztoku obsaženo **1024 g** AgNO<sub>3</sub>, je ve **200 g** nas. roztoku obsaženo **182,2 g** AgNO<sub>3</sub> (m<sub>100</sub>).

Při ochlazení 200 g nasyc. roztoku z 100°C na 20°C se vyloučí

$$m(\text{AgNO}_3) = m_{100} - m_{20} = 182,2 - 137,3 = 44,91 \text{ g AgNO}_3$$

Odpověď: Vyloučí se 44,91 g dusičnanu stříbrného AgNO<sub>3</sub>

### b) koncentrace roztoků

- hmotnostní procentová koncentrace – p (v hmotnostních %)
- objemová procentová koncentrace – p<sub>obj</sub> (v objemových %)
- látková koncentrace (molární koncentrace neboli molarita roztoku) – c (v mol/dm<sup>3</sup>)

#### Hmotnostní procentová koncentrace

- **udává hmotnost složky ve 100g roztoku dané koncentrace.**

Např. je-li p = 30 %, znamená to, že ve 100g tohoto roztoku je rozpuštěno 30g čisté složky.

Hmotnostní procentová koncentrace se vypočítá podle vztahu

$$p = m_{\text{slož.}} / m_{\text{roztoku}} \times 100 = \frac{m_{\text{slož.}}}{m_{\text{roztoku}}} \cdot 100 = w \cdot 100,$$

kde **m<sub>slož.</sub>** je hmotnost složky, **m<sub>roztoku</sub>** je hmotnost roztoku, **w** je hmotnostní zlomek

#### Objemová procentová koncentrace

- **udává objem složky ve 100ml roztoku dané koncentrace.**

Např. je-li p = 30 obj.%, znamená to, že ve 100ml tohoto roztoku je rozpuštěno 30 ml čisté složky.

Hmotnostní procentová koncentrace se vypočítá podle vztahu

$$p = V_{\text{slož.}} / V_{\text{roztoku}} \times 100 = \frac{V_{\text{slož.}}}{V_{\text{roztoku}}} \cdot 100 = \varphi \cdot 100,$$

kde **V<sub>slož.</sub>** je objem složky, **V<sub>roztoku</sub>** je objem roztoku, **φ** je objemový zlomek.

#### Látková koncentrace (molární koncentrace neboli molarita roztoku)

- **udává počet molů složky v 1 litru (v 1000ml) roztoku dané koncentrace.**

Např.: je-li c = 0,25 mol/litr, znamená to, že v 1 litru (v 1000ml) tohoto roztoku je rozpuštěno 0,25 molu čisté složky.

Látkovou (molární) koncentraci vypočítáme podle vztahu

$$c = n_{\text{slož.}} / V_{\text{roztoku}} = \frac{n_{\text{slož.}}}{V_{\text{roztoku}}} = \frac{m_{\text{slož.}}}{M_{\text{slož.}} \cdot V_{\text{roztoku}}}$$

kde  $n_{\text{slož.}}$  je počet molů složky,  $V_{\text{roztoku}}$  je objem roztoku v litrech,  $M_{\text{slož.}}$  je molární hmotnost složky v g/mol. (pozn.: místo g/mol se také používá označení M).

**Příklad 1:** Vypočítejte hmotnost a) bezvodého uhličitanu sodného  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   
b) krystalického dekahydrátu uhličitanu sodného  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$   
potřebnou na přípravu 500g roztoku o  $p = 10 \%$ , tj.  $w = 0,1$ .

Výpočet:  $m_{\text{rozt.}} = 500\text{g}$ ,  $p = 10 \%$ ,  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = ?$ ,  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = ?$ ,  $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106,01 \text{ g/mol}$ ,  
 $M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = 286,17 \text{ g/mol}$ .

a) 
$$p = \frac{m_{\text{slož.}}}{m_{\text{roztoku}}} \cdot 100 = w \cdot 100, \text{ odtud}$$
  
$$m_{\text{slož.}} = p \cdot m_{\text{roztoku}} / 100 = 10 \cdot 500 / 100 = \mathbf{50 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}$$

b) pro bezvodý uhličitan s  $M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  je hmotnost 50 g,  
pro krystalický uhličitan s  $M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O})$  je hmotnost  $m'_{\text{slož.}}$ , tj.

$$\begin{array}{l} 50 \text{ g} \dots\dots\dots 106,01 \text{ g/mol} \\ m'_{\text{slož.}} \dots\dots\dots 286,17 \text{ g/mol} \end{array}$$

$$m'_{\text{slož.}} = 286,17 \cdot 50 / 106,01 = \mathbf{134,97 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}$$

Odpověď: Na přípravu roztoku je potřeba a) 50 g bezvodého, b) 134,97 g krystalického uhličitanu sodného. Odvážená množství složky rozpustíme v a) 450 g, b) 365,03 g čisté destilované vody.

**Příklad 2:** Roztok etanolu o objemu 900 ml byl připraven zředěním 400 ml absolutního alkoholu. Jaká je koncentrace roztoku vyjádřená v objemových procentech ?

Výpočet:  $V_{\text{rozt.}} = 900 \text{ ml}$ ,  $V_{\text{lihu}} = 400 \text{ ml}$ ,  $p_{\text{lihu}} = 100 \text{ obj.}\%$ ,  $p_{\text{obj}} = ?$

$$p = V_{\text{slož.}} / V_{\text{roztoku}} \cdot 100 = \frac{V_{\text{slož.}}}{V_{\text{roztoku}}} \cdot 100 = \varphi \cdot 100,$$

$$p = \frac{400}{900} \cdot 100 = 44,44 \text{ obj.}\%$$

**Příklad 3:** Kolik  $\text{cm}^3$  30% kyseliny dusičné ( $\rho = 1,18 \text{ g/cm}^3$ ) je potřeba na přípravu  $500 \text{ cm}^3$  jejího 0,5 M roztoku ?

Výpočet:  $V_{\text{rozt.}} = 500 \text{ cm}^3$ ,  $p_{\text{slož.}} = 30 \%$ ,  $M(\text{HNO}_3) = 63,03 \text{ g/mol}$ ,  $c = 0,5 \text{ M}$ ,  $V_{30} = ?$

Postupujeme tak, že nejdříve provedeme výpočet pro kyselinu 100%-ní, výsledek přepočítáme na kyselinu 30% a vydělíme hustotou této kyseliny.

$$m_{100} = c \cdot M(\text{HNO}_3) \cdot V_{\text{rozt.}} = 0,5 \cdot 63,03 \cdot 0,5 = 15,76 \text{ g} \dots\dots\dots 100 \text{ %-ní kyseliny dusičné}$$


---


$$m_{30} \dots\dots\dots 30\text{-ní k. dusičné}$$


---


$$m_{30} = 100/30 \cdot 15,76 = 52,53 \text{ g}$$

$$V_{30} = m_{30} / \rho = 52,53 / 1,18 = \mathbf{44,71 \text{ cm}^3}$$

Odpověď: Na přípravu roztoku je třeba odměřit 44,71 ml 30% kyseliny dusičné. Roztok připravíme tak, že do malého množství vody nalijeme odměřené množství kyseliny a v odměrné baňce doplníme destilovanou vodou na celkový objem roztoku  $500 \text{ cm}^3$ .

**Příklad 4:** Kolik gramů a ml 65 % kyseliny dusičné je potřeba na přípravu 100 ml 10% roztoku této kyseliny?

$$V_{\text{rozt.}} = 100 \text{ ml}, c_1 = 10 \%, c_2 = 65\%, \rho_{10} = 1,047 \text{ g.cm}^{-3}, m_{65} = ?, V_{65} = ?$$

Výpočet: 100 ml 10%-ního roztoku přepočítáme na hmotnost

$$m_{10} = V_{\text{rozt.}} \cdot \rho_{10} = 100 \cdot 1,047 = 104,7 \text{ g}$$

Vypočítáme  $m_{100}$  kys. dusičné  $\text{HNO}_3$  ve 104,7 g 10% roztoku :

$$104,7 \text{ g } 10\% \text{ roztoku odpovídá } 10,47 \text{ g } 100\% \text{ HNO}_3 = m_{100}$$

$m_{100}$  přepočítáme na  $m_{65}$

$$\begin{array}{ccc} \uparrow & 10,47 \text{ g} \dots\dots\dots 100\% \text{ HNO}_3 & \downarrow \\ & m_{65} \dots\dots\dots 65\% & \end{array}$$

$$m_{65} = \frac{100 \cdot 10,47}{65} = 16,11 \text{ g}$$

$$V_{65} = \frac{m_{65}}{\rho_{65}} = \frac{16,11}{1,39} = 11,59 \text{ ml}$$

Odpověď: Roztok připravíme odvážením 16,11 g nebo odměřením 11,59 ml 65 % kyseliny dusičné, kterou vpravíme do odměrné baňky s malým množstvím vody a doplněním vodou na celkový objem 100 ml.

**c) ředění a směšování roztoků**

Výpočet koncentrace zředěných roztoků se dá provést několika způsoby. Vhodným způsobem je výpočet podle směšovací rovnice nebo směšovacího pravidla tzv. křížového pravidla. Vždy je nutno si však uvědomit, že

- zředěním roztoku jeho koncentrace klesá,
- množství rozpuštěné látky (složky) v roztoku zůstává stejné,
- mísimeli dva roztoky různých koncentrací, je hmotnost výsledného roztoku vždy součtem hmotností jednotlivých roztoků a výsledné množství rozpuštěné látky (složky) je dáno součtem hmotností látek obsažených ve výchozích roztocích,
- hmotnostní procentová koncentrace čisté složky je 100% ( $w = 1$ ),
- hmotnostní procentová koncentrace čistého rozpouštědla je 0% ( $w = 0$ ).

Směšovací rovnice

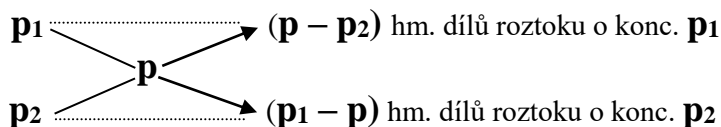
je dána takto:

$$\boxed{p_1 m_1 + p_2 m_2 + \dots + p_n m_n = p (m_1 + m_2 + \dots + m_n)}$$

kde  $m_1, m_2$  až  $m_n$  jsou hmotnosti jednotlivých roztoků,  $p_1, p_2$  až  $p_n$  jsou hmotnostní procentové koncentrace příslušných roztoků,  $p$  je výsledná koncentrace roztoku a  $(m_1 + m_2 + \dots + m_n)$  je výsledná hmotnost roztoku. Z rovnice lze vypočítat každou požadovanou veličinu.

Křížové pravidlo

je jiným vyjádřením směšovací rovnice. Lze ji zapsat následovně:



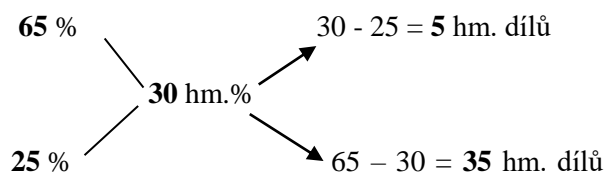
kde  $p_1$  a  $p_2$  jsou hmotnostní konc. jednotlivých roztoků,  $p$  je výsledná konc. roztoku.

Poměr hodnot  $(p - p_2)$  a  $(p_1 - p)$  udává hmotnostní poměr míšení roztoků příslušných hmotnostních procentových koncentrací.

Objem roztoku zjistíme přepočtem přes hustotu roztoku ze vztahu  $V = m/\rho$ .

**Příklad 1:** V jakém poměru nutno smísit dva roztoky o konc. 65 % a 25 %, aby výsledný roztok měl konc. 30 % ?

Řešení:  $p_1 = 65 \%$ ,  $p_2 = 25 \%$ ,  $p = 30 \%$   
Podle křížového pravidla



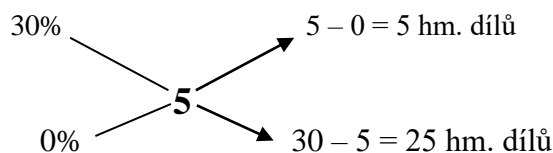
Výše uvedené křížové pravidlo udává, že jednotlivé roztoky nutno smíchat v poměru **5 : 35** tj. **5 hmotnostních dílů** roztoku o konc. **65 %** a **35 hmotnostních dílů** roztoku o konc. **25 %**. Získáme tak celkem **40 hmotnostních dílů o konc. 30 %**.

**Příklad 2.** Kolik ml 30 %ní kyseliny chlorovodíkové ( $\rho_{30} = 1,149 \text{ g/cm}^3$ ) použijeme k přípravě 2000 ml 5 %ního roztoku této kyseliny ( $\rho_5 = 1,024 \text{ g/cm}^3$ ).

Řešení:  $V_5 = 2000 \text{ ml}$ ,  $p = 5 \%$ ,  $p_1 = 30 \%$ ,  $p_2 = p_{\text{vody}} = 0 \%$ ,  $V_{30} = ?$

$$m_5 = V_5 \cdot \rho_5 = 2000 \cdot 1,024 = 2048 \text{ g (hmotnost roztoku, který máme připravit).}$$

Podle křížového pravidla



vyplývá, že smícháním 5 gramů 30 % roztoku s 25 gramy vody získáme 30 gramů 5 %ního roztoku. Odtud dále plyne, že

$$\begin{array}{r}
 \text{na } 30 \text{ g } 5 \text{ \% roztoku} \dots\dots (\text{je třeba}) \dots\dots 5 \text{ gramů } 30 \text{ \% roztoku} \\
 \text{na } 2048 \text{ g} \quad \text{"} \quad \dots\dots\dots m_{30} \text{ gramů} \quad \text{"} \\
 \hline
 m_{30} = \frac{2048 \cdot 5}{30} = 341,3 \text{ g}; \quad V_{30} = \frac{m_{30}}{\rho_{30}} = \frac{341,3}{1,149} = \mathbf{297,04 \text{ ml } 30\% \text{ roztoku}}
 \end{array}$$

**Odpověď:** na přípravu 2000 ml 5 % roztoku kyseliny chlorovodíkové je potřeba 297,04 ml jejího 30 % roztoku. Roztok připravíme tak, že k malému množství vody, např. 1000 ml, přidáme vypočítaný objem kyseliny a doplníme čistou vodou na celkový objem 2000 ml.

#### Příklady pro procvičení:

- 1) Rozpustnost chloridu sodného je při 20°C 35,88 g ve 100 g čisté vody. Přepočítejte tuto hodnotu na hmotnost NaCl (v gramech) obsaženou ve 100 g nasyceného roztoku při stejné teplotě.
- 2) Ve 100 nasyceného vodného roztoku dusičnanu olovnatého  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  při teplotě 50°C je obsaženo 44 g čisté látky. Jaká bude rozpustnost této látky v přepočtu na 100 čistého rozpouštědla (vody) při stejné teplotě?
- 3) Kolik gramů dusičnanu olovnatého  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  se vyloučí při ochlazení 150 gramů nasyceného roztoku této sloučeniny z teploty 100°C na teplotu 50°C. Rozpustnost  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  při 100°C je 56 g na 100 g nasyceného roztoku a rozpustnost  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  při 50°C je 44 g na 100 g nasyceného roztoku ?
- 4) Kolik gramů čisté  $\text{H}_2\text{SO}_4$  obsahuje 5000ml roztoku o koncentraci 0,1mol/l ?  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g/mol}$ .
- 5) Roztok soli byl připraven rozpuštěním 50 g soli v 200 gramech vody. Jaký je hmotnostní zlomek soli v roztoku ?
- 6) Kolik ml 60 %ní  $\text{HNO}_3$  (hustota 1,37g/cm<sup>3</sup>) je potřeba na přípravu 500 ml roztoku o molární koncentraci 0,1 mol/l ?  $M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ g/mol}$  ?
- 7) K 150g roztoku KOH o p=3% bylo přidáno dalších 25 gramů čistého KOH. Jaká je výsledná procentová koncentrace roztoku ?
- 8) Kolik gramů NaOH obsahuje 3000ml roztoku o koncentraci 0,05mol/l ?  $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g/mol}$
- 9) Kolik ml 64 %  $\text{HNO}_3$  /hustota 1,39 g/cm<sup>3</sup> / je potřeba na přípravu 500 ml jejího 2M roztoku ?  $M(\text{HNO}_3) = 63\text{g/mol}$  ?
- 10) Kolik gramů vody je nutno přidat k 350 g 10% roztoku KI, aby vznikl 6% roztok ?



- 11) Roztok připravíme rozpuštěním 35 g NaCl ve 150 ml vody . Jaká je procentuální koncentrace ?
- 12) Vypočítejte výslednou koncentraci roztoku, který byl připraven smísením 6 kg 96% roztoku kyseliny sírové a 25 kg 10%ního vodného roztoku této kyseliny. [ 26,64 %]
- 13) Vypočítejte množství vody, kterého je třeba použít k ředění 10 kg 65%ní kyseliny dusičné na kyselinu 2 %ní. [ 315 kg vody ]
- 14) Přídavkem 250 gramů 96 % roztoku kyseliny sírové k jejímu 3 % roztoku ( $\rho = 1,018$  g/ml) se změnila původní koncentrace na 25 %. Vypočítejte, kolika mililitrů 3 % roztoku bylo k ředění použito. [ 806,62 g, tj. 792,55 ml 3 %ní kyseliny sírové]
- 15) Vypočítejte, kolik gramu dihydrátu chloridu barnatého je třeba odvážit na přípravu
  - a) 150g roztoku o konc.  $p = 5$  % ,
  - b) 250 ml roztoku o konc. 0,2 mol/litr.
- 16) Kolikaprocentní roztok vznikne smísením 1500 g 35 % roztoku a 500 g 15 % roztoku téže látky ?
- 17) Kolik ml vody musíme přidat k 200 g 2,5 % roztoku, má-li se připravit roztok 0,215 %?
- 18) Kolik gramů bezvodého uhličitanu sodného o čistotě 92 % se musí přidat k 2600 g 30 % roztoku, aby výsledný roztok byl 50 %ní ? [1238 g 92 % uhličitanu]

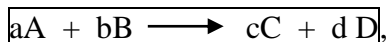
#### D) Výpočty z chemických rovnic

Úvodní poznámka: Chemická rovnice udává po kvantitativní stránce průběh reakce za předpokladu, že

- a) reaktanty i produkty jsou absolutně (100%) čisté ,
- b) chemická reakce je jednosměrná (její účinnost = 1).

Mají-li reaktanty nižší koncentraci než 100 % nebo účinnost reakce je nižší než 1, je nutné při výpočtu vycházet z ideálních podmínek (viz výše a a b) a pak zadané údaje přepočítat !!

Je dána rovnice reakce



kde A,B,C,D ...jsou obecně reagující a vznikající látky,  
a, b, c, d ...je počet molů odpovídajících látek  
(obecně  $n$ ).

Počty molů jednotlivých látek jsou si navzájem odpovídající (ekvivalentní) a platí základní vztah pro výpočet počtů molů (obecně  $n$ )

$$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = \frac{N}{N_A} = c \cdot V_{\text{rozt.}}$$

Počet molů látky (složky) odpovídá

- dané **hmotnosti složky** –  $n_A = a \cdot M_A$ ,  $n_B = b \cdot M_B$  atd.,
- danému **objemu složky** (u plynu a pár) –  $V_A = a \cdot V_M$ ,  $V_B = b \cdot V_M$  atd.,
- dané **látkové koncentraci a objemu roztoku složky** (pro roztoky látek) –  $n_A = a / V_{\text{rozt. A}}$ ,  $n_B = b / V_{\text{rozt. B}}$  atd., kde  $n_A, n_B$  ...jsou hmotnosti složek,  $M_A, M_B$  ..jejich molární hmotnosti,  $V_A, V_B$ ... jsou objemy složek,  $V_M$ ...je molární objem,  $c_A, c_B$ ...jsou koncentrace roztoků složek,  $V_{\text{rozt. A}}, V_{\text{rozt. B}}$ ...jsou objemy roztoků látek A,B atd.

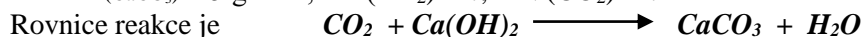
*Příkladně :* Pro danou reakci  $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$

z rovnice vyplývá, že např.

- a) 2 moly NaOH reagují s 1 molem kyseliny sírové,
- b) 0,5 molu NaOH reaguje s 0,25 molu kyseliny sírové,
- c)  $2 \cdot 40 = 80$  g NaOH reaguje s  $1 \cdot 98$  g kys. sírové (čistě, 100%), ale rovněž
- d) 40 g NaOH reaguje s 49 g kys. sírové (čistě, 100%), a dále
- e) 1 litr 2 M NaOH reaguje s 1 litrem 1 M kys. sírové,
- f) 1 ml 1 M NaOH reaguje s 0,5 ml 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nebo s 1 ml 0,5 M kyseliny atd.

**Příklad 1.** Kolik gramů a litrů CO<sub>2</sub> reagovalo s hydroxidem vápenatým Ca(OH)<sub>2</sub>, vzniklo-li 5 gramů sraženiny CaCO<sub>3</sub>?

Řešení:  $m(\text{CaCO}_3) = 5$  gramů,  $m(\text{CO}_2) = ?$ ,  $V(\text{CO}_2) = ?$



Z rovnice vyplývá, že

**1 mol** CO<sub>2</sub> dává při reakci **1 mol** CaCO<sub>3</sub> tj. 100 g CaCO<sub>3</sub>

5 gramů tj. **0,05 molu** CaCO<sub>3</sub> vznikne při reakci **0,05 molu** CO<sub>2</sub> tj.  $0,05 \cdot 44 = 2,2$  g CO<sub>2</sub>

Získanou hmotnost přepočítáme na objem V(CO<sub>2</sub>)

$$V(\text{CO}_2) = 0,05 \text{ molu CO}_2 \cdot V_M = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12 \text{ litrů}$$

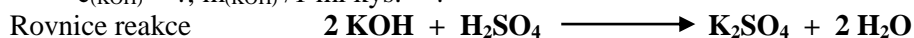
Při reakci reagovalo 2,2 g tj. 1,12 litrů CO<sub>2</sub>.

**Příklad 2.** 20 ml roztoku KOH bylo zneutralizováno 5 ml roztoku kyseliny sírové o konc.  $c = 0,2$  mol/l. Vypočítejte: a) látkovou koncentraci roztoku KOH,

b) hmotnost KOH, která odpovídá 1 ml dané kyseliny sírové.

Výpočet:  $V_{(\text{KOH})} = 20$  ml =  $20 \cdot 10^{-3}$  litru;  $c_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} = 0,2$  M;  $V_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} = 5$  ml =  $5 \cdot 10^{-3}$  litru

$c_{(\text{KOH})} = ?$ ,  $m_{(\text{KOH})} / 1$  ml kys. = ?



a) z rovnice vyplývá, že 2 moly... 1 mol

Počet molů H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v reakci je  $n_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} = c \cdot V = 0,2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,001$  molů

a odpovídá polovině molů KOH. Proto

$$n_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{1}{2} n_{(\text{KOH})}$$

$$n_{(\text{KOH})} = 2 \cdot n_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} = 2 \cdot 0,001 = 0,002 \text{ molu. Pak}$$

$$c_{(\text{KOH})} = n_{(\text{KOH})} / V_{(\text{KOH})} = 0,002 / 20 \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ M}$$

**Jiný postup výpočtu:**

Z rovnice vyplývá, že

5 ml roztoku kys. sírové o konc.  $c_1 = 0,2$  mol/litr zreaguje s 10 ml roztoku KOH ( $V_1$ ) o konc.

$c_1 = 0,2$  mol/litr nebo 20 ml roztoku KOH ( $V_2$ ) o konc.  $c_2 = ?$

Pak platí, že  $V_1 \cdot c_1 = V_2 \cdot c_2$

Po dosazení  $10 \cdot 0,2 = 20 \cdot c_2$

Odtud  $c_2 \equiv c(\text{KOH}) = 0,1$  mol/litr  $\equiv c(\text{KOH})$

b) z rovnice vyplývá, že 1 ml 0,2 M kys. sírové zreaguje s 2 ml 0,2 M KOH

Proto vypočítáme hmotnost KOH tj.  $m_{(\text{KOH})}$  ve 2 ml 0,2 M KOH.

$$m_{(\text{KOH})} = c \cdot M \cdot V = 0,2 \cdot 56,11 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,2224 \text{ g}$$

**Odpověď:** a) Látková koncentrace roztoku KOH je 0,1 mol/l.

c) 1 ml 0,2 M kyseliny sírové odpovídá  $2,24 \cdot 10^{-2}$  g KOH.

**Příklad 3.** 100 ml roztoku hydroxidu vápenatého zreagovalo s 25 ml kys. chlorovodíkové o konc.  $c = 0,1$  mol/litr.

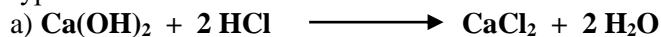
a) zapište rovnici reakce,

b) vypočítejte hmotnost čistého hydroxidu vápenatého, která odpovídá 1 ml kys. chlorovodíkové uvedené koncentrace, ( $M_{\text{Ca(OH)}_2} = 74,00$  g/mol),

c) vypočítejte hmotnost čistého hydroxidu vápenatého ve 100 ml roztoku,

d) vypočítejte molární koncentraci  $c$  hydroxidu vápenatého.

Výpočet:



1 mol            2 moly

b)  $V_{\text{HCl}} = 1$  ml =  $1 \cdot 10^{-3}$  l,  $c_{\text{HCl}} = 0,1$  mol/l,  $m_{\text{Ca(OH)}_2 / 1 \text{ ml HCl}} = ?$

$$n_{\text{HCl}} = c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = 0,1 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol};$$

$$n_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{HCl}}; \quad m_{\text{Ca(OH)}_2} = n_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot M_{\text{Ca(OH)}_2} =$$

$$m_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{Ca(OH)}_2} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 74 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

1 ml kys. chlorovodíkové o konc. 0,1 mol/l zreaguje s  $3,7 \cdot 10^{-3}$  g hydroxidu vápenatého.

c)  $V_{\text{HCl}} = 25$  ml =  $25 \cdot 10^{-3}$  l,  $c_{\text{HCl}} = 0,1$  mol/l,  $m_{\text{Ca(OH)}_2 / 100 \text{ ml rozt.}} = ?$

$$n_{\text{HCl}} = c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = 0,1 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ molu}$$

Z rovnice plyne, že  $n_{\text{Ca(OH)}_2 / 100 \text{ ml rozt.}} = \frac{1}{2} n_{\text{HCl}} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol Ca(OH)}_2$ .

- Pak  $m_{\text{Ca(OH)}_2} / 100 \text{ ml rozt} = n_{\text{Ca(OH)}_2} / 100 \text{ ml rozt} \cdot M_{\text{Ca(OH)}_2} = 9,25 \cdot 10^{-2} \text{ g}$   
*Ve 100 ml roztoku hydroxidu vápenatého je obsaženo  $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  tj.  $9,25 \cdot 10^{-2} \text{ g Ca(OH)}_2$ .*
- d)  $c_{\text{Ca(OH)}_2} = ?$ ;  $V_{\text{roztoku Ca(OH)}_2} = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ l}$ ;  $n_{\text{Ca(OH)}_2} / 100 \text{ ml rozt} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$   
 $c_{\text{Ca(OH)}_2} = n_{\text{Ca(OH)}_2} / 100 \text{ ml rozt} / V_{\text{roztoku Ca(OH)}_2} = 1,25 \cdot 10^{-3} / 0,1 = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ M}$   
*Molární koncentrace roztoku hydroxidu vápenatého je  $1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$ .*

### Příklady k procvičení

1. Kolik molů a litrů amoniaku vznikne při reakci 0,5 molu dusíku s vodíkem? Rovnice reakce je  

$$\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \longrightarrow 2 \text{NH}_3$$

2. 100 ml roztoku hydroxidu vápenatého zreagovalo při neutralizaci s 25 ml kys. chlorovodíkové o konc.  $c = 0,1 \text{ mol/litr}$ .
- zapište rovnici reakce,
  - vypočítejte hmotnost čistého hydroxidu vápenatého, která odpovídá 1 ml kys. chlorovodíkové o konc.  $c = 0,1 \text{ mol/l}$ , je-li  $M(\text{hydroxidu vápenatého}) = 74,0 \text{ g/mol}$ ,
  - vypočítejte hmotnost čistého hydroxidu vápenatého v roztoku,
  - vypočítejte molární konc. c hydroxidu vápenatého.

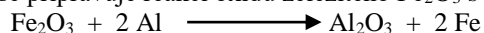
3. Je dána rovnice reakce :  $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 \longrightarrow 4 \text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$

Určete a vypočítejte:

- kolik molů kyslíku zreaguje s 1 molem amoniaku  $\text{NH}_3$  ?
  - jaká bude hmotnost oxidu dusnatého, je-li  $M(\text{NO}) = 30 \text{ g/mol}$  ?
  - kolik litrů oxidu dusnatého  $\text{NO}$  při tom vznikne ?
  - kolik litrů kyslíku se při reakci spotřebuje ?
4. Kovový zinek rozkládá kyselinu chlorovodíkovou a vzniká vodík a chlorid zinečnatý.
- zapište rovnici reakce
  - vypočítejte hmotnost čistě kyseliny zreaguje s 10 gramy zinku, je-li  $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
  - vypočítejte hmotnost zinku, který zreaguje s 1 ml kyseliny chlorovodíkové o koncentraci  $c = 0,2 \text{ mol/l}$ .
5. Hliník rozkládá za zvýšené teploty vodu na vodík a hydroxid hlinitý podle rovnice  

$$2 \text{Al} + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3 \text{H}_2 + 2 \text{Al(OH)}_3$$
- Určete a vypočítejte, kolik molů a litrů vodíku se uvolní při reakci 0,5 molu hliníku ?
6. Oxid sírový se slučuje s vodou za vzniku kyseliny sírové.
- Zapište rovnici reakce,
  - vypočítejte hmotnost čisté kyseliny sírové, která vznikne při reakci 4 gramů oxidu sírového s vodou  $M(\text{oxidu sírového}) = 80,0 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{kyseliny sírové}) = 98 \text{ g/mol}$ ,
  - vypočítejte molární koncentraci kyseliny, má-li vzniklý roztok kyseliny sírové objem 500 ml,
  - vypočítejte hmotnostní procentovou koncentraci vzniklého roztoku, je-li hustota roztoku rovná  $1 \text{ g/ml}$ .

7. Chemicky čisté železo se připravuje reakcí oxidu železitého  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  s kovovým hliníkem podle rovnice:



Určete a vypočítejte:

- kolik molů hliníku zreaguje se 2 moly oxidu železitého a kolik molů železa vznikne,
  - kolik čistého oxidu železitého je potřeba k přípravě 11,2 gramů čistého železa?  
 $M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,7 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g/mol}$ .
8. Při neutralizaci hydroxidu sodného kyselinou chlorovodíkovou vzniká chlorid sodný a voda. Zapište rovnici reakce a vypočítejte
- hmotnost čistě (100 %-ní) kys. chlorovodíkové je potřeba k získání 14,6 g chloridu sodného.  
 $M(\text{kys. chlorovodíkové}) = 36,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{chloridu sodného}) = 58,45 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
  - hmotnost kyseliny z bodu b) přepočítejte na 30 %-ní kys. chlorovodíkovou,
  - hmotnost kyseliny z bodu b) přepočítejte na objem kyseliny o koncentraci  $c = 0,5 \text{ mol/l}$ .

9. Peroxid vodíku se rozkládá samovolně na kyslík a vodu podle rovnice  $2 \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ .  
 Kolik molů a kolik litrů kyslíku se uvolní při rozkladu 10 molů peroxidu vodíku ?

10. Zinek vytěsňuje z roztoku síranu měďnatého čistou měď a vzniká ještě síran zinečnatý.
- zapište rovnici reakce
  - kolik molů síranu měďnatého zreaguje s 0,5 molu zinku ?
  - vypočítejte hmotnost mědi, která se vyloučí při reakci 10 g zinku (počítejte na dvě desetinná místa)  
 $M(\text{zinek}) = 65,38 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{měď}) = 63,54 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,
  - vypočítejte hmotnost mědi při reakci s 20 ml roztoku síranu měďnatého o konc.  $c = 1 \text{ mol/litr}$ .  
 $M(\text{síranu měďnatého}) = 159,4 \text{ g/mol}$ .