

## 4. Lekce - samostudium

### Instrukce

Příklady v této lekci je možné řešit několika způsoby. Konkrétní způsob řešení je na vás. Pokud smysluplný způsobem vede ke správnému výsledku, je vše v pořádku.

K příkladům označeným *Řešený příklad* máte k dispozici moje řešení v druhé části dokumentu. Všechny příklady zkuste nejprve vyřešit sami, až poté se v případě potřeby podívejte na moje řešení.

**Řešený příklad 1)** Kolik gramů nonahydrátu síranu železitého (obsahuje 10 % nerozpustných nečistot) a kolik gramů vody je potřeba na přípravu 500 g roztoku obsahujícího 5 % hm. železa?

**Otázka před výpočtem:** Máte-li sůl s 10% obsahem nečistot, musíte jí navážít více, či méně než kdyby byla úplně čistá?

$M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}) = 562,02 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$  [139,8 g znečištěné soli, 374,3 g vody]

**Řešený příklad 2)** Kolik gramů technického chloridu draselného a kolik gramů vody je potřeba na přípravu 2 litrů roztoku o koncentraci KCl 0,5 mol/l? Analýzou suchého technického KCl bylo zjištěno, že obsahuje 20 % hm. rozpustných nečistot. Před použitím technický KCl ještě navlhl a při přípravě roztoku obsahoval 5 % vlhkosti.

**Otázka před výpočtem:** Započítají se rozpustné nečistoty do celkové hmotnosti výsledného roztoku?

$M(\text{KCl}) = 74,55 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{K}) = 39,10 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{Cl}) = 35,45 \text{ g/mol}$ ;  $\rho(0,5\text{M KCl}) = 1,020 \text{ g/ml}$   
[98,1 g technické vlhké soli, 1 941,9 g]

**Příklad 3)** Kolik gramů  $(\text{COOH}_2) \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ , který obsahuje 20 % hm. nerozpustných a 5 % hm. rozpustných nečistot, je potřeba navážít na přípravu 3 kg roztoku obsahujícího 3 % hm.  $(\text{COOH}_2)$ . Kolik gramů vody je potřeba přidat?

$M(\text{COOH}_2) = 90,03 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g/mol}$  [168,0 g znečištěného dihydrátu; 2 865 g vody]

**Řešený příklad 4)** Kolik gramů 40% NaOH a kolik gramů 5 % NaOH je zapotřebí smíchat na přípravu 250 g 15 % roztoku?

$M(\text{NaOH}) = 40,00 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g/mol}$ ;  $\rho(40\% \text{ NaOH}) = 1,430 \text{ g/ml}$ ;  $\rho(15\% \text{ NaOH}) = 1,164 \text{ g/ml}$ ;  
 $\rho(5\% \text{ NaOH}) = 1,054 \text{ g/ml}$  [71,4 g 40% NaOH + 178,6 g 5% NaOH]

**Řešený příklad 5)** Kolik ml 60%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  a kolik ml 15%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  je zapotřebí smíchat při přípravě 5 litrů 48%  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ?

**Otázka před výpočtem:** Porovnáním obsahu kyseliny fosforečné v původních roztocích a ve výsledném roztoku odhadněte, kterého z roztoků budete potřebovat větší množství.

$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98,00 \text{ g/mol}$ ;  $\rho(60\% \text{ H}_3\text{PO}_4) = 1,426 \text{ g/ml}$ ;  $\rho(48\% \text{ H}_3\text{PO}_4) = 1,318 \text{ g/ml}$ ;  
 $\rho(15\% \text{ H}_3\text{PO}_4) = 1,083 \text{ g/ml}$  [3 389 ml 60%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + 1 622 ml 15%  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ]

**Příklad 6)** Kolik ml 8% HNO<sub>3</sub> musíte přidat k 150 ml 60% HNO<sub>3</sub>, abyste získali 32% roztok? Jaký bude objem výsledného roztoku?

$$\rho(60\% \text{ HNO}_3) = 1,367 \text{ g/ml}; \rho(32\% \text{ HNO}_3) = 1,193 \text{ g/ml}; \rho(8\% \text{ HNO}_3) = 1,043 \text{ g/ml}$$
$$[150 \text{ ml } 60\% \text{ HNO}_3 + 135,6 \text{ ml } 8\% \text{ HNO}_3 = 290,5 \text{ ml } 32\% \text{ H}_3\text{PO}_4]$$

**Příklad 7)** Kolik ml 50% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> je potřeba na přípravu 100 ml 50mM roztoku?

$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98,00 \text{ g/mol}; \rho(50\% \text{ H}_3\text{PO}_4) = 1,335 \text{ g/ml} \quad [0,73 \text{ ml}]$$

**Příklad 8)** Vypočítejte kolik hmotnostních procent kyseliny sírové obsahuje roztok, který vznikl smícháním 3 g 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 25 g 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>?

$$\rho(96\% \text{ H}_2\text{SO}_4) = 1,836 \text{ g/ml}; \rho(10\% \text{ H}_2\text{SO}_4) = 1,066 \text{ g/ml} \quad [19,2 \text{ \%}]$$

**Příklad 9)** Při přípravě roztoku síranu cesného bylo smícháno 80 g 5% a 165 g 3% roztoku Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Kolik g Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a kolik g vody je nutno k této směsi přidat, abychom získali 400 g 10% roztoku?

$$[31,0 \text{ g } \text{Cs}_2\text{SO}_4; 124 \text{ g vody}]$$

**Příklad 10)** V 65 ml 2% amoniaku bylo rozpuštěno dalších 0,25 mol plynného amoniaku. Kolik hmotnostních procent amoniaku bude výsledný roztok obsahovat?

$$\rho(2\% \text{ NH}_3) = 0,9895 \text{ g/ml}; M(\text{NH}_3) = 17,03 \text{ g/mol} \quad [7,97 \text{ \%}]$$

## Řešené příklady

### Řešený příklad 1)

Máme-li připravit 500 g 5% roztoku Fe, můžeme jednoduše vypočítat, kolik gramů Fe musíme do roztoku dát:

$$m_{\text{Fe}} = w_{\text{Fe}} \cdot m_{\text{celk.}} = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ g}$$

V jednom molu Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·9 H<sub>2</sub>O jsou dva moly Fe:

$$n_{\text{Fe}} = 2 n_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{ H}_2\text{O}}$$

Z toho můžeme odvodit vztah mezi hmotnostmi a molárními hmotnostmi železa a jeho soli:

$$m_{\text{Fe}}/M_{\text{Fe}} = 2 m_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{ H}_2\text{O}}/M_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{ H}_2\text{O}}$$

Z toho plyne hmotnost čistého Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·9 H<sub>2</sub>O potřebného pro přípravu roztoku:

$$m_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{ H}_2\text{O}} = \frac{1}{2} m_{\text{Fe}} \cdot M_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{ H}_2\text{O}}/M_{\text{Fe}} = 0,5 \cdot 25 \cdot 562,02 / 55,85 = 125,79 \text{ g}$$

Znečištěná sůl, kterou máme k dispozici, obsahuje pouze 90 % hm. Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·9 H<sub>2</sub>O, takže ho potřebujeme navážit více než čisté soli:

$$w_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{ H}_2\text{O}} = m_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{ H}_2\text{O}}/m_{\text{znečišť.}}$$

$$m_{\text{znečišť.}} = m_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}} / w_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}} = 125,79 / 0,90 = \underline{139,8 \text{ g}}$$

Celková hmotnost roztoku je 500 g, jak plyne ze zadání. Je však třeba si uvědomit, že nerozpustné nečistoty z roztoku odfiltrujeme a jejich hmotnost se do hmotnosti výsledného roztoku nezapočítá. Hmotnost vody, která je potřeba, se tedy vypočítá podle vzorce:

$$m_{\text{celk.}} = m_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}} + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{celk.}} - m_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}} = 500 - 125,79 = \underline{374,2 \text{ g}}$$

## Řešený příklad 2)

Máme-li připravit 2 litry 0,5 M roztoku KCl, nejprve zjistíme, jaké látkové množství KCl je zapotřebí:

$$n_{\text{KCl}} = c_{\text{KCl}} \cdot V_{\text{celk.}} = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ mol}$$

Budeme navažovat pevný KCl, proto musíme zjistit, kolik gramů čistého KCl potřebujeme:

$$m_{\text{KCl}} = n_{\text{KCl}} \cdot M_{\text{KCl}} = 1 \cdot 74,55 = 74,55 \text{ g}$$

Navažovaný materiál je znečištěný a vlhký. Jelikož obsah nečistot byl stanoven v suchém materiálu, která navlhl až následně, musíme nečistoty a vlhkost započítat postupně. Množství suchého technického KCl by bylo:

$$w_{\text{KCl, tech.}} = m_{\text{KCl}} / m_{\text{KCl, tech.}}$$

$$m_{\text{KCl, tech.}} = m_{\text{KCl}} / w_{\text{KCl, tech.}} = 74,55 / 0,8 = 93,19 \text{ g}$$

Následně je nutno započítat vlhkost. Vlhkého materiálu musíme navážít ještě více, než suchého:

$$w_{\text{KCl, vlhk.}} = m_{\text{KCl, tech.}} / m_{\text{KCl, vlhk.}}$$

$$m_{\text{KCl, vlhk.}} = m_{\text{KCl, tech.}} / w_{\text{KCl, vlhk.}} = 93,19 / 0,95 = \underline{98,09 \text{ g}}$$

Celkový objem roztoku je 2 litry. Z toho můžeme vypočítat celkovou hmotnost roztoku:

$$m_{\text{celk.}} = V_{\text{celk.}} \cdot \rho_{0,5\text{M KCl}} = 2 \text{ 000} \cdot 1,020 = 2 \text{ 040 g}$$

Celková hmotnost roztoku je 2040 g. Rozpustné nečistoty budou součástí výsledného roztoku, proto se jejich hmotnost do celkové hmotnosti započítává, totéž platí pro vlhkost. Hmotnost vody, kterou je potřeba pořídit, se tedy vypočítá podle vzorce:

$$m_{\text{celk.}} = m_{\text{KCl, vlhk.}} + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{celk.}} - m_{\text{KCl, vlhk.}} = 2 \text{ 040} - 98,09 = \underline{1 \text{ 941,91 g}}$$

#### Řešený příklad 4)

K výpočtu je vhodné použít směšovací rovnici:

$$m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = m_3 \cdot w_3$$

$$m_{40\%} \cdot w_{40\%} + m_{5\%} \cdot w_{5\%} = m_{15\%} \cdot w_{15\%}$$

Vzhledem k tomu, že neznáme hmotnost 40% NaOH, ani hmotnost 5% NaOH, potřebujeme ještě jednu rovnici do soustavy dvou rovnic o dvou neznámých:

$$m_{40\%} + m_{5\%} = m_{15\%}$$

Z této rovnice dosadíme do první rovnice:

$$m_{40\%} \cdot w_{40\%} + (m_{15\%} - m_{40\%}) \cdot w_{5\%} = m_{15\%} \cdot w_{15\%}$$

Úpravou dostaneme:

$$m_{40\%} = m_{15\%} \cdot (w_{15\%} - w_{5\%}) / (w_{40\%} - w_{5\%}) = 250 \cdot (0,15 - 0,05) / (0,4 - 0,05) = \underline{71,4 \text{ g}}$$

Hmotnost 5% NaOH dopočítáme z celkové hmotnostní bilance roztoku:

$$m_{40\%} + m_{5\%} = m_{15\%}$$

$$m_{5\%} = m_{15\%} - m_{40\%} = 250 - 71,4 = \underline{178,6 \text{ g}}$$

#### Řešený příklad 5)

K výpočtu je vhodné použít směšovací rovnici:

$$m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = m_3 \cdot w_3$$

$$m_{60\%} \cdot w_{60\%} + m_{15\%} \cdot w_{15\%} = m_{48\%} \cdot w_{48\%}$$

Jelikož máme počítat s objemem roztoků, můžeme směšovací rovnici upravit dosazením z rovnice:

$$m = V \cdot \rho$$

$$V_{60\%} \cdot \rho_{60\%} \cdot w_{60\%} + V_{15\%} \cdot \rho_{15\%} \cdot w_{15\%} = V_{48\%} \cdot \rho_{48\%} \cdot w_{48\%}$$

Opět využijeme jako druhou rovnici do soustavy dvou rovnic celkovou hmotnostní bilanci roztoku:

$$m_{60\%} + m_{15\%} = m_{48\%}$$

$$V_{60\%} \cdot \rho_{60\%} + V_{15\%} \cdot \rho_{15\%} = V_{48\%} \cdot \rho_{48\%}$$

Z ní dosadíme do první rovnice:

$$V_{15\%} = (V_{48\%} \cdot \rho_{48\%} - V_{60\%} \cdot \rho_{60\%}) / \rho_{15\%}$$

$$V_{60\%} \cdot \rho_{60\%} \cdot w_{60\%} + (V_{48\%} \cdot \rho_{48\%} - V_{60\%} \cdot \rho_{60\%}) / \rho_{15\%} \cdot \rho_{15\%} \cdot w_{15\%} = V_{48\%} \cdot \rho_{48\%} \cdot w_{48\%}$$

$$V_{60\%} \cdot \rho_{60\%} \cdot w_{60\%} + (V_{48\%} \cdot \rho_{48\%} - V_{60\%} \cdot \rho_{60\%}) \cdot w_{15\%} = V_{48\%} \cdot \rho_{48\%} \cdot w_{48\%}$$

$$V_{60\%} \cdot \rho_{60\%} \cdot (w_{60\%} - w_{15\%}) = V_{48\%} \cdot \rho_{48\%} \cdot (w_{48\%} - w_{15\%})$$

$$V_{60\%} = V_{48\%} \cdot \rho_{48\%} / \rho_{60\%} \cdot (w_{48\%} - w_{15\%}) / (w_{60\%} - w_{15\%}) = 5\,000 \cdot 1,318 / 1,426 \cdot (0,48 - 0,15) / (0,60 - 0,15) =$$
  
$$= \underline{3\,389 \text{ ml}}$$

$$V_{15\%} = (5\,000 \cdot 1,318 - 3389 \cdot 1,426) / 1,083 = \underline{1\,622 \text{ ml}}$$