

# Chemické výpočty

# Ředění a směšování roztoků

Při řešení těchto příkladů používáme nejčastěji:

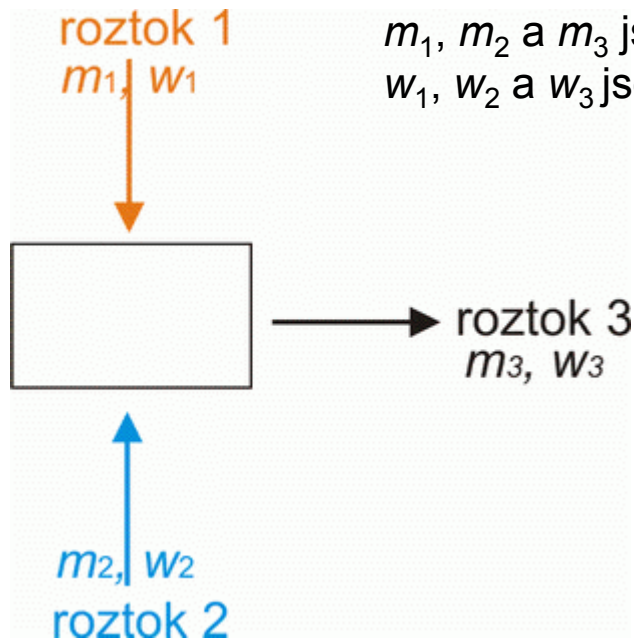
1. Směšovací rovnice
2. Křížové pravidlo
3. Úvaha, trojčlenka

## Směšovací rovnice s hmotnostními zlomky

Smísíme-li roztoky o hmotnostech  $m_1$ ,  $m_2$  s hmotnostními zlomky  $w_1$ ,  $w_2$ , vznikne roztok s hmotnostním zlomkem  $w_3$ , pro který platí:

$$m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = (m_1 + m_2) \cdot w_3$$

$m_1$ ,  $m_2$  a  $m_3$  jsou hmotnosti roztoků  
 $w_1$ ,  $w_2$  a  $w_3$  jsou hmotnostní zlomky rozpuštěné látky v roztocích



Celková hmotnostní bilance roztoků

$$m_1 + m_2 = m_3$$

Bilance hmotnosti rozpuštěné látky v jednotlivých roztocích

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

Platí, že  $w_3$  by měl být někde mezi  $w_1$  a  $w_2$

## Směšovací rovnice s molárními (látkovými) koncentracemi

Smísíme-li roztoky o objemech  $V_1$ ,  $V_2$  s látkovými koncentracemi  $c_1$ ,  $c_2$ , vznikne roztok s látkovou koncentrací  $c_3$ , pro který platí:

$$V_1 \cdot c_1 + V_2 \cdot c_2 = V_3 \cdot c_3$$

$$V_1 \cdot c_1 + V_2 \cdot c_2 = (V_1 + V_2) \cdot c_3$$

Obecně neplatí aditivita objemů  $V_1 + V_2 \neq V_3$

Směšovací rovnici s látkovými koncentracemi lze použít **pouze pro zředěné vodné roztoky**.

Pro přidávání (odebírání) **rozpouštědla** je hmotnostní zlomek (koncentrace) rozpouštědla  $w_2 = 0$  ( $c_2 = 0$ ).

Při odebírání (odpařování, zreagování) se hmotnost (objem) odečítá:

$$m_1 \cdot w_1 = (m_1 - m_2) \cdot w_3$$

$$V_1 \cdot c_1 = (V_1 - V_2) \cdot c_3$$

Při odebírání **rozpouštědla** lze použít i klasický tvar směšovací rovnice. V tomto případě vyjde záporná hodnota hmotnosti (objemu) rozpouštědla, což znamená, že se rozpouštědlo nepřidávalo, ale ubíralo (odpařovalo).

Pro přidávání (odebírání) **čisté (rozpuštěné) látky** je hmotnostní zlomek čisté látky  $w_2 = 1$ .

Při odebírání (odpařování, zreagování) se hmotnost (objem) odečítá:

$$m_1 \cdot w_1 - m_2 = (m_1 - m_2) \cdot w_3$$

$$V_1 \cdot c_1 - V_2 \cdot c_2 = (V_1 + V_2) \cdot c_3$$

Pokud se přidáním čisté látky objem nezmění ( $V_1 + V_2 = V_1$ ) a koncentrace je látková ( $V_2 \cdot c_2 = V_2 \cdot n_2 / V_2 = n_2$ ) dostáváme:

$$V_1 \cdot c_1 - n_2 = V_1 \cdot c_3$$

Pokud přidáváme **hydrát**, pak lze  $w_x$  spočítat jako poměr molárních hmotností bezvodé látky a hydrátu  $w_x = M/M_h$  (hydrát je tedy vlastně roztok soli v krystalové vodě hydrátu).

**Vypočítejte hmotnosti roztoků hydroxidu draselného o hmotnostním složení 60 % KOH a 10 % KOH pro přípravu 100 g roztoku o hmotnostním obsahu 45 % KOH.**

$m_1 = ?$   
 $w_1 = 60 \%$   
 $m_2 = ?$   
 $w_2 = 10 \%$   
 $m_3 = 100 \text{ g}$   
 $w_3 = 45 \%$

$$m_1 \cdot 60 + m_2 \cdot 10 = 100 \cdot 45$$

$$(100 - m_2) \cdot 60 + m_2 \cdot 10 = 100 \cdot 45$$

$$6000 - 60 m_2 + m_2 \cdot 10 = 4500$$

$$\mathbf{m_2 = 30 \text{ g}} \text{ 10\% roztoku}$$

$$m_1 + m_2 = m_3 \rightarrow \mathbf{m_1 = 70 \text{ g}} \text{ 60\% roztoku}$$

Pro přípravu 100 g roztoku o hmotnostním obsahu 45 % KOH je potřeba 30 g 10% roztoku a 70 g 60% roztoku.

***Jakou hmotnost 70 % kyseliny octové a vody je nutno k přípravě 500 g 25 % kyseliny octové?***

$$m_1 = ?$$

$$w_1 = 70 \%$$

$$m_2 = ?$$

$$w_2 = 0 \%$$

$$m_3 = 500 \text{ g}$$

$$w_3 = 25 \%$$

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

$$m_1 \cdot 70 + m_2 \cdot 0 = 500 \cdot 25$$

$$m_1 = 178,57 \text{ g kyseliny octové}$$

$$m_2 = 321,43 \text{ g vody}$$

K přípravě 500 g 25 % kyseliny octové je potřeba 178,57 g kyseliny octové a 321,43 g vody.

**Připravte 450 g 18 % roztoku NaCl. K dispozici máte kuchyňskou sůl a vodu.  
Kolik g soli a vody potřebujete k přípravě?**

$$m_1 = ?$$

$$w_1 = 100 \%$$

$$m_2 = ?$$

$$w_2 = 0 \%$$

$$m_3 = 450 \text{ g}$$

$$w_3 = 18 \%$$

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

$$m_1 \cdot 100 + m_2 \cdot 0 = 450 \cdot 18$$

$$m_1 = \mathbf{81 \text{ g}} \text{ soli}$$

$$m_2 = \mathbf{369 \text{ g}} \text{ vody}$$

K přípravě 450 g 18% roztoku NaCl bude použito 81 g soli a 369 g vody.

**Kolik gramů  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  je nutno přidat k 900 g 8 % roztoku síranu železnatého, aby koncentrace roztoku stoupla na 12 %?**

$$m_1 = ?$$

$$m_2 = 900 \text{ g}$$

$$w_2 = 8 \%$$

$$w_3 = 12 \%$$

$$M_r(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278,0$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,0$$

Heptahydrát síranu železnatého = roztok  $\text{FeSO}_4$  v sedmi molekulách vody.

$$x = \frac{152 \cdot 100}{278} = \mathbf{54,7 \%}$$

Dále použijeme zředovací rovnici. ( $m_1 = 900$ ,  $m_2 =$  hmotnost  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $c_1 = 8 \%$ ,  $c_2 = 54,7 \%$ ,  $c = 12 \%$ )

$$m_1 * c_1 + m_2 * c_2 = (m_1 + m_2) * c$$

$$900 * 8 + m_2 * 54,7 = (900 + m_2) * 12$$

$$m_2 = \mathbf{84,3 \text{ g}}$$

K roztoku je nutno přidat 84,3 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .



**Jaká bude procentuální koncentrace roztoku ethanolu, který vznikl smísením 550 cm<sup>3</sup> jeho 20 % roztoku ( $\rho = 0,9686 \text{ g.cm}^{-3}$ ) s 350 cm<sup>3</sup> bezvodého ethanolu ( $\rho = 0,7893 \text{ g.cm}^{-3}$ )?**

$$V_1 = 550 \text{ cm}^3$$

$$w_1 = 20 \%$$

$$\rho_1 = 0,9686 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$V_2 = 350 \text{ cm}^3$$

$$\rho_2 = 0,7893 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$w_2 = 100 \%$$

$$m_3 = 450 \text{ g}$$

$$w_3 = ?$$

Celková hmotnost ethanolu:

$$m = 106,5 + 276,3$$

$$m = \mathbf{382,8 \text{ g}}$$

Hmotnost nově vzniklého roztoku:

$$m = 532,7 + 276,3$$

$$m = \mathbf{809 \text{ g}}$$

Hmotnost roztoku (vypočítáme ze vztahu  $m = \rho \cdot V$ ).

$$m = 0,9686 \cdot 550$$

$$m = \mathbf{532,7 \text{ g}}$$

$$x = \frac{532,7 \cdot 20}{100}$$

$$x = \mathbf{106,5 \text{ g}}$$

Hmotnost čistého ethanolu

$$m = 0,7893 \cdot 350$$

$$m = \mathbf{276,3 \text{ g ethanolu (100%)}}$$

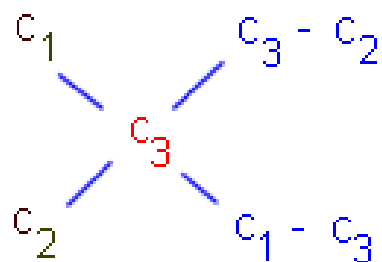
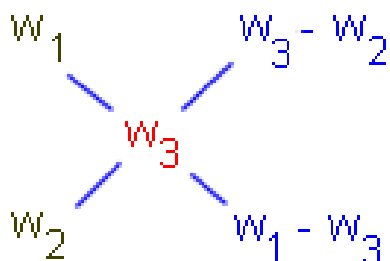
Procentická koncentrace nového roztoku

$$x = \frac{382,8 \cdot 100}{809}$$

$$x = \mathbf{47,3 \%$$

Nově připravený roztok ethanolu je 47,3 %.

Směšovací rovnici lze graficky vyjádřit pomocí **křížového pravidla**



$$m_1 : m_2 = w_3 - w_2 : w_1 - w_3$$

$$V_1 : V_2 = c_3 - c_2 : c_1 - c_3$$

***V jakém poměru smísíme 60%  $H_2SO_4$  s vodou, abychom dostali 5 % kyselinu?***

$$\begin{array}{c} 60 \searrow \\ 0 \nearrow \end{array} 5 \begin{array}{c} \nearrow 5 \\ \searrow 55 \end{array} \begin{array}{c} \rightarrow 1 \\ \rightarrow 11 \end{array} \frac{m_1}{m_2} = \frac{5-0}{60-5} = \frac{5}{55} = \frac{1}{11}$$

60% kyselinu smísíme s vodou v poměru 1 díl kyseliny : 11 dílům vody

**Vypočtete koncentraci roztoku chloridu sodného, který vznikne smísením 6 dm<sup>3</sup> 3 M roztoku NaCl a 2 dm<sup>3</sup> 8 M roztoku NaCl.**

$$m_1 = ?$$

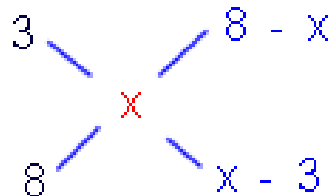
$$w_1 = 100 \%$$

$$m_2 = ?$$

$$w_2 = 0 \%$$

$$m_3 = 450 \text{ g}$$

$$w_3 = 18 \%$$



$$6 : 2 = 8 - x : x - 3$$

$$3 \cdot (x - 3) = 8 - x$$

$$4x = 17$$

$$x = 4,25$$

1. Připravte 260 g 24 % roztoku NaCl. K dispozici máte 40 % solný roztok a vodu. Kolik g solného roztoku a vody bude k přípravě potřeba?

[62,4 g roztoku a 197,6 g vody]

2. Jaká bude výsledná koncentrace cukerného roztoku, pokud smícháte 69 g 20% roztoku sacharózy a 120 g roztoku sacharózy o koncentraci 10 %

[13,65 %]

3. Kolikaprocentní roztok vznikne smícháním 1,5 dm<sup>3</sup> 10% roztoku kyseliny sírové o hustotě 1,0661 g.cm<sup>-3</sup> s 0,5 dm<sup>3</sup> 40% roztoku téže kyseliny o hustotě 1,3028 g.cm<sup>-3</sup>?

[18,7 %]

4. Vypočítejte, kolik ml 80% roztoku kyseliny fosforečné (hustota 1,633 g.ml<sup>-1</sup>) a kolik ml vody je nutné smíchat, aby vzniklo 500 ml 4% roztoku kyseliny fosforečné o hustotě 1,020 g.ml<sup>-1</sup>

[15,6 ml kyseliny a 484,5 ml vody]

5. K 21,1% roztoku dusičnanu amonného o hmotnosti 460 g bylo přidáno 22,9 g pevného dusičnanu amonného. O kolik % se zvýšil obsah dusičnanu amonného?

[3,74 %]

6. Kolik g pevného hydroxidu draselného je třeba přidat do 28 ml 0,12% KOH, abychom získali 0,39% roztok?

[0,0756 g]

7. Zředíme-li 15 ml roztoku chloridu kobaltitého o molární koncentraci  $c = 3,92 \text{ mol.l}^{-1}$  na objem 25 ml, jakou molární koncentraci vzniklého roztoku získáme?

[2,352 mol.l<sup>-1</sup>]

8. Vypočtete objem koncentrované kyseliny sírové ( $w_1 = 98\%$ ,  $\rho_1 = 1,836 \text{ g.cm}^{-3}$ ) potřebného k přípravě 3 dm<sup>3</sup> roztoku této kyseliny pro plnění akumulátoru ( $w_3 = 32\%$ ,  $\rho_3 = 1,235 \text{ g.cm}^{-3}$ )

[658,9 ml]

9. Kolika % roztok vznikne smísením 130 g 30% roztoku a 170 g 40% roztoku NaCl?

[35,66%]

10. Kolik g 15% roztoku musíme přidat k 210v g 10% roztoku pro přípravu 12% roztoku?

[140 g]

11. Kolik gramů NaOH je třeba přidat k 200g 15 % roztoku, abychom získali 25% roztok?

[26,27 g]

12. Kolik g vody je třeba přidat ke 300 g 47% roztoku, abychom získali 30% roztok?

[170 g]

Jaké hmotnostní množství roztoku chloridu vápenatého obsahu 25% (m/m) je třeba přidat k 200 g 10% (m/m)  $\text{CaCl}_2$ , abychom získali roztok s hmotnostním množstvím 15% ?

[100 g]

Jaké hmotnostní množství pevného bezvodého octanu sodného je třeba přidat k 600 g roztoku octanu sodného s hmotnostním složením 8 %  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , abychom získali roztok s hmotnostním obsahem octanu 12 %?

[27,3 g]

Jaký objem vody je třeba přidat k 400 ml 37% (m/m) kyseliny chlorovodíkové ( $\rho = 1,185 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), aby vznikl roztok kyseliny s hmotnostním obsahem 5% HCl?

[3033,6 ml]

Jaký objem hydroxidu amonného s hmotnostním obsahem 20%  $\text{NH}_3$  ( $\rho = 0,9229 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) je zapotřebí k přípravě dvou litrů roztoku s obsahem 4% (m/m)  $\text{NH}_3$  ( $\rho = 0,9811 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )?

[425,22 ml]

Jaký objem vody a ethanolu s objemovým obsahem 96%  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ( $\rho = 0,8070 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) je třeba na přípravu 1000 ml roztoku o hmotnostní procentualitě (w)% = 40 ( $\rho = 0,9352 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )?

[493,13 ml 96% ethanolu a 537,24 ml vody]

V jakém poměru (m:m) smísíme 60%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  s vodou, abychom dostali 5 % kyselinu?  
[1:11]

Jaký je objem roztoku vzniklého z 2000 ml koncentrované kyseliny sírové o hmotnostním složení 96%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,8355 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) a 2000 ml 4% (m/m) kyseliny sírové ( $\rho = 1,0250 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )? Hustota výsledného roztoku je  $\rho = 1,5305 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

[3738 ml, objemová kontrakce je 262 ml]

Jaký objem kyseliny chlorovodíkové o hmotnostním obsahu 36%  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,1789 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) je třeba na přípravu 250 ml 0,1 M roztoku?  $M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g mol}^{-1}$ .

[2,2 ml]