

Roztoky

Roztok je homogenní směs. Nejčastěji jsou roztoky směsí dvousložkové (disperzní soustavy). Látka v nadbytku – disperzní prostředí, druhá složka – dispergovaná složka. Roztoky mohou být kapalné, plynné i pevné. Nejčastěji se setkáváme s roztoky pevné látky a kapaliny (např.: $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$) nebo roztoky dvou kapalin ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{ag})}$). Složení roztoků se vyjadřuje koncentrací roztoků.

Hmotnostní procenta (hm. %)

počet hmotnostních dílů rozpuštěné látky na 100 hmotnostních dílů roztoku krát 100.

$$w(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{m_r} \cdot 100 \%$$

$m(\text{A})$ – hmotnost rozpuštěné látky

m_r – je hmotnost roztoku (rozpuštěná látka + rozpouštědlo)

Příklad:

2 % roztok KOH – 2 g KOH + 98 g H_2O

Objemová procenta (obj. %)

podíl objemu rozpuštěné látky a objemu celého roztoku krát 100.

$$\varphi(\text{B}) = \frac{V(\text{B})}{V} \cdot 100 \%$$

$V(\text{B})$ – objem rozpuštěné látky

V – objem roztoku (rozpuštěná látka + rozpouštědlo)

Objemová procenta roztoku závisí na teplotě.

Příklad:

300 cm^3 roztoku obsahuje 164 cm^3 100% alkoholu. Jaká je objemová procentová koncentrace?

$$\varphi(\text{alkoholu}) = \frac{164 \text{ cm}^3 \text{ alkoholu}}{300 \text{ cm}^3 \text{ roztoku}} \cdot 100 \% = 0,546 \cdot 100 \% = 54,6 \%$$

Roztok obsahuje 54,6 obj. % alkoholu.

Molární procenta (mol. %)

molární zlomek krát 100

$$\text{mol. \%} = x(\text{A}) \cdot 100$$

$x(\text{A})$ – molární zlomek látky A

Příklad:

Určete molární procenta jednotlivých složek ve směsi 23 g ethanolu ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) a 162 g vody (H_2O).

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = \frac{23 \text{ g}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,5 \text{ molu}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{162 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 9 \text{ molů}$$

$$\text{mol. \%}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + n(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100 \%$$

$$\text{mol. \%}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{0,5 \text{ molu } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}{0,5 \text{ molu } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 9 \text{ molů } \text{H}_2\text{O}} \cdot 100 \% = \frac{0,5}{9,5} \cdot 100 \% = 5,3 \%$$

$$\text{mol. \%}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 5,3$$

$$\text{mol. \%}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9}{9,5} \cdot 100 \% = 94,7 \%$$

$$\text{mol. \%}(\text{H}_2\text{O}) = 94,7$$

Ve směsi je 5,3 mol. % ethanolu a 94,7 mol. % vody.

Hmotnostní koncentrace (c_m)

podíl hmotnosti látky obsažené v soustavě $m(A)$ a objemu soustavy V .

$$c_m(A) = \frac{m(A)}{V}$$

$m(A)$ – hmotnost látky v soustavě

V – objem soustavy

jednotky hmotnostní koncentrace – $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3} = \text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = 10^3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} = 10^3 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$

Příklad:

Vypočítejte hmotnostní koncentraci soli v minerální vodě, jestliže v odparku z 250 ml minerální vody bylo 243 mg soli.

$$c_m(\text{soli}) = \frac{m(\text{soli})}{V \text{ soustavy}}$$

$$c_m(\text{soli}) = \frac{243 \text{ mg soli}}{250 \text{ ml}} = 0,972 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

Hmotnostní koncentrace soli v minerální vodě je $0,972 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$

Molární látková koncentrace (c)

podíl látkového množství látky B v soustavě $n(B)$ a objemu soustavy V

$$c(B) = \frac{n(B)}{V}$$

$$c(B) = \frac{m(B)}{M(B) \cdot V}$$

$$n(B) = \frac{m(B)}{M(B)}$$

$n(B)$ – látkové množství látky (B)

V – objem soustavy – v litrech!!

$c(B)$ – molární koncentrace látky B

$m(B)$ – hmotnost látky B

$M(B)$ – molární hmotnost látky B

Jednotkou molární koncentrace - $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$

Někdy se používá pro vyjadřování molární koncentrace symbol M a nazývá se molarita. Roztok KOH, který má molární koncentraci $2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ – $c(\text{KOH}) = 2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ se též nazývá dvoumolární a označuje se 2M-KOH.

Příklad:

Jaká je molární koncentrace roztoků jestliže v 5 l roztoku je obsaženo 800 g NaOH.

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m(\text{NaOH}) = 800 \text{ g}$$

$$V_{\text{roztoku}} = 5 \text{ l}$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{roztoku}}}$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{800 \text{ g}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 5 \text{ l}} = 4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Molární koncentrace roztoku je 4 moly $\cdot \text{l}^{-1}$.

Přepočet koncentrací

a) přepočet hmotnostních % na molární koncentraci

$$w(A) = \frac{m(A)}{m_r}$$

$$m(A) = w(A) \cdot m_r$$

$$c(A) = \frac{m(A)}{M(A) \cdot V}$$

$$(1) \quad c(A) = \frac{w(A) \cdot m_r}{M(A) \cdot V}$$

$$(2) \quad c(A) = \frac{w(A) \cdot \rho \cdot 10^3}{M(A)}$$

$w(A)$ – hmotnostní % - musíme převést na hmotnostní zlomek, vydělí se 100

$m(A)$ – hmotnost látky A

m_r – hmotnost roztoku

$M(A)$ – molární hmotnost látky A

V – objem roztoku v litrech

$\frac{m_r}{V}$ - podíl hmotnosti roztoku a objemu roztoku = hustota roztoku

POZOR NA JEDNOTKY!!! – V – v litrech!!!

$$1 = \text{dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

$$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10^3 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

Příklad:

Vypočítejte molární koncentraci 65 % HNO_3 ; $\rho(\text{HNO}_3) = 1,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

1. způsob – dosazením do vzorce (1)

m_r – hmotnost roztoku 100 g

$$w(\text{HNO}_3) = 0,65$$

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

$$V - \text{objem roztoku} = \frac{m_{\text{roztoku}}}{\rho_{\text{hustota roztoku}}}$$

$$c(\text{A}) = \frac{w(\text{A}) \cdot m_r}{M(\text{A}) \cdot V}$$

65 % HNO_3 65 g 100 % HNO_3 ve 100 g roztoku

$$V_{\text{roztoku}} = \frac{100 \text{ g roztoku}}{1,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} = 71,43 \text{ cm}^{-3}$$

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{0,65 \cdot 100 \text{ g}}{63 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 71,43 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3} = \frac{65}{4,5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 14,4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

2. způsob – dosazením do vzorce (2)

$$\rho(\text{HNO}_3) = 1,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$w(\text{HNO}_3) = 0,65$$

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

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{\rho(\text{HNO}_3) \cdot w(\text{HNO}_3) \cdot 10^3}{M(\text{HNO}_3)}$$

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{1,4 \cdot 0,65 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}}{63 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 14,4 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 14,4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Molární koncentrace 65 % HNO_3 je $14,4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$.

b) přepočítání molární koncentrace na hmotnostní procenta

příklad:

Vypočítejte, kolik hmotnostních procent obsahuje roztok HNO_3 o molární koncentraci $c = 2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Hustota roztoku je $1,08 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

$$c(\text{HNO}_3) = 2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$m(\text{HNO}_3)$ – hmotnost kyseliny dusičné

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

V – objem roztoku

$w(\text{HNO}_3)$ – hmotnostní zlomek HNO_3

m_r – hmotnost roztoku

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3) \cdot V}$$

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m_r}$$

$$m(\text{HNO}_3) = c(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{HNO}_3) \cdot V; V = 1 \text{ l}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot 63 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 1 \text{ l} = 126 \text{ g}$$

$$m_r = \rho \cdot V$$

$$m_r = 1,08 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 10^3 \text{ cm}^3 = 1080 \text{ g}$$

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m_r} = \frac{126 \text{ g}}{1080 \text{ g}} = 0,1166$$

$$w(\text{HNO}_3) = 11,66 \%$$

Druhá možnost výpočtu ze vzorce (2)

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{\rho(\text{HNO}_3) \cdot w(\text{HNO}_3) \cdot 10^3}{M(\text{HNO}_3)}$$

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{c(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{HNO}_3)}{\rho(\text{HNO}_3) \cdot 10^3}$$

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot 63 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{10^3 \cdot 1,08 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}} = 0,1166$$

$$w(\text{HNO}_3) = 11,66 \%$$

2 M-HNO₃ je 11,66 %.

c) přepočít hmotnostních procent na molární procenta

příklad:

Směs plynů obsahuje 40 hmotnostních % H₂, 50 hmot. % CO a 10 hmot. % N₂.

Vypočítejte složení této směsi v molárních %.

$$40 \text{ hm} \cdot \% = 40 \text{ g H}_2$$

$$50 \text{ hm} \cdot \% = 50 \text{ g CO}$$

$$10 \text{ hm} \cdot \% = 10 \text{ g N}_2$$

$m(\text{H}_2)$, $m(\text{CO})$, $m(\text{N}_2)$ – hmotnosti látek

$M(\text{H}_2)$, $M(\text{CO})$, $M(\text{N}_2)$ – molární hmotnosti látek

$n(\text{H}_2)$, $n(\text{CO})$, $n(\text{N}_2)$ – látkové množství látek

$$n(\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{40 \text{ g}}{2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 20 \text{ molů}$$

$$n(\text{CO}) = \frac{m(\text{CO})}{M(\text{CO})} = \frac{50 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,79 \text{ molu}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{10 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,36 \text{ molu}$$

$$x(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{H}_2) + n(\text{CO}) + n(\text{N}_2)}$$

$$x(\text{H}_2) = \frac{20 \text{ molů H}_2}{20 \text{ molů H}_2 + 1,79 \text{ molu CO} + 0,36 \text{ molu N}_2} = \frac{20 \text{ molů}}{22,15 \text{ molu}} = 0,904$$

$$\text{H}_2 = 90,4 \text{ mol} \cdot \%$$

$$x(\text{CO}) = \frac{n(\text{CO})}{n(\text{H}_2) + n(\text{CO}) + n(\text{N}_2)}$$

$$x(\text{CO}) = \frac{1,79 \text{ molu}}{22,15 \text{ molu}} = 0,08$$

$x(\text{H}_2)$, $x(\text{CO})$, $x(\text{N}_2)$ – hmotnostní zlomky látek

$$\text{CO} = 8 \text{ mol} \cdot \%$$

$$x(\text{N}_2) = \frac{n(\text{N}_2)}{n(\text{H}_2) + n(\text{CO}) + n(\text{N}_2)} = \frac{0,36 \text{ molu}}{22,15 \text{ molu}} = 0,016$$

$$\text{N}_2 = 1,6 \text{ mol} \cdot \%$$

$$\text{zkouška: mol} \cdot \% \text{ H}_2 + \text{mol} \cdot \% \text{ CO} + \text{mol} \cdot \% \text{ N}_2 = 90,4 \% + 8 \% + 1,6 \% = 100 \%$$

$$\text{Molární \% H}_2 = 90,4; \text{mol} \cdot \% \text{ CO} = 8; \text{mol} \cdot \% \text{ N}_2 = 1,6$$

d) přepočítání objemových % na hmotnostní %

příklad:

Zjistěte hmotnostní procenta směsi plynů, které obsahují 80 obj. % CO a 20 obj. % H₂. Pro zjednodušení uvažujeme, že směs má objem 100 litrů (za normálních podmínek).

$$80 \text{ obj. \%} = 80 \text{ l} \quad 1 \text{ mol plyné látky za normálních podmínek zaujímá objem } 22,4 \text{ l}$$

$$20 \text{ obj. \%} = 20 \text{ l} \quad 1 \text{ mol CO} - 28 \text{ g CO (molární hmotnost)}$$

$$1 \text{ mol H}_2 - 2 \text{ g H}_2 \text{ (molární hmotnost)}$$

$$1 \text{ mol} \dots 28 \text{ g CO} \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$x \text{ g CO} \dots \dots \dots 80 \text{ l}$$

$$x = \frac{28 \text{ g CO} \cdot 80 \text{ l}}{22,4 \text{ l}} = 100 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol} \dots 2 \text{ g H}_2 \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$y \text{ g H}_2 \dots \dots \dots 20 \text{ l}$$

$$y = \frac{2 \text{ g H}_2 \cdot 20 \text{ l}}{22,4 \text{ l}} = 1,79 \text{ g}$$

$$w \% (\text{CO}) = \frac{m(\text{CO}) \cdot 100}{m(\text{CO}) + m(\text{H}_2)} = \frac{100 \cdot 100 \text{ g}}{101,79 \text{ g}} = 98,24$$

$$w (\text{CO}) = 98,24 \%$$

$$w \% (\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2) \cdot 100}{m(\text{CO}) + m(\text{H}_2)} = \frac{1,79 \cdot 100 \text{ g}}{101,79 \text{ g}} = 1,76$$

$$w (\text{H}_2) = 1,76 \%$$

Hmotnostní procenta: CO = 98,24 %; H₂ = 1,76 %

ŘEDĚNÍ A SMĚŠOVÁNÍ ROZTOKŮ

a) příprava roztoků smíšením roztoků různých koncentrací
výpočty vycházejí ze zákona zachování hmotností roztoků

$$m_1 + m_2 + \dots = m_n$$

m_1, m_2, \dotshmotnosti výchozích roztoků
 m_nhmotnost výsledného roztoku

směšovací rovnice s hmotnostními zlomky

$$m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 + \dots = (m_1 + m_2 + \dots) \cdot w_n$$

w_1, w_2 – hmotnostní zlomky výchozích roztoků
 w_n – hmotnostní zlomek výsledného roztoku

směšovací rovnice s látkovými koncentracemi

$$V_1 \cdot c_1 + V_2 \cdot c_2 + \dots = (V_1 + V_2 + \dots) \cdot c_n$$

c_1, c_2, \dotslátkové koncentrace výchozích roztoků
 c_nlátková koncentrace výsledného roztoku
 V_1, V_2, \dotsobjemy výchozích roztoků
 $V_1 + V_2, \dots$ objem výsledného roztoku

příklad:

Kolik gramů 5 % roztoku musíme přidat ke 100 gramům 50 % roztoku, aby vznikl roztok 20 %?

1) Výpočet ze směšovací rovnice

$$\begin{aligned} m_1 &= ? & m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 &= (m_1 + m_2) \cdot w_3 \\ w_1 &= 5 \% & m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 &= m_1 \cdot w_3 + m_2 \cdot w_3 \\ m_2 &= 100 \text{ g} & m_1 \cdot w_1 + m_1 \cdot w_3 &= m_2 \cdot w_3 + m_2 \cdot w_2 \\ w_2 &= 50 \% & m_1 \cdot (w_1 - w_3) &= m_2 \cdot w_3 - m_2 \cdot w_2 \\ w_3 &= 20 \% \end{aligned}$$

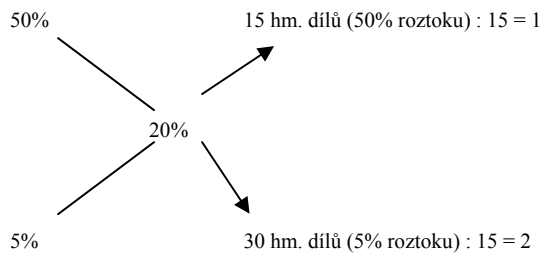
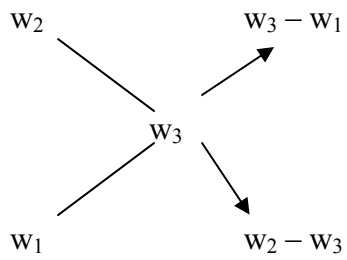
$$m_1 = \frac{m_2 \cdot w_3 - m_2 \cdot w_2}{w_1 - w_3}$$

$$m_1 = \frac{100 \cdot 20 - 100 \cdot 50}{5 - 20} \text{ g} = \frac{2000 - 5000}{-15} \text{ g} = \frac{-3000}{-15} \text{ g} = 200 \text{ g}$$

Musíme přidat 200 g 5% roztoku.

2) výpočet pomocí křížového (směšovacího) pravidla

$$\begin{aligned} m_1 &= ? & w_1, w_2 &= \text{hmotnostní \% výchozích roztoků} \\ w_1 &= 5 \% & w_3 &= \text{hmotnostní \% výsledného roztoku} \\ m_2 &= 100 \text{ g} \\ w_2 &= 50 \% \\ w_3 &= 20 \% \end{aligned}$$



$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{2}{1}$$

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$m_1 = \frac{w_1 \cdot m_2}{w_2}$$

$$m_1 = \frac{2}{1} \cdot 100 \text{ g} = 200 \text{ g}$$

Musíme přidat 200 g 5% roztoku.