

Ředění a míšení roztoků

- ředění roztoků
- míšení roztoků téže látky
- míšení roztoků různých látek nereagujících
- míšení roztoků různých látek reagujících

Ředění roztoků



roztok (1)

+



rozpuštědlo

=



zředěný roztok (2)

Nemění se látkové množství rozpuštěné látky

$$n_1 = n_2$$

Zředovací rovnice:

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$$

$$\rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2$$

$$m_1 \cdot w_1 = m_2 \cdot w_2$$

Využití ředění: příprava roztoků z koncentrovaných roztoků, příprava kalibračních roztoků v instrumentální analýze, ředění příliš koncentrovaného vzorku.

Míšení roztoků těžé látky



Množství rozpuštěné látky v obou roztocích se sčítá

$$n_1 + n_2 = n_3$$

Směšovací rovnice:

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

$$\rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2 = \rho_3 \cdot V_3$$

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

Ředění je speciální případ míšení, kdy $c_2 = 0$.

Míšení roztoků různých látek nereagujících



Množství obou rozpuštěných látek se nemění

$$n_{A,1} = n_{A,3}$$

$$n_{B,2} = n_{B,3}$$

Směšovací rovnice:

$$c_{A,1} \cdot V_1 = c_{A,3} \cdot V_3$$

$$c_{B,2} \cdot V_2 = c_{B,3} \cdot V_3$$

$$\rho_{A,1} \cdot V_1 = \rho_{A,3} \cdot V_3$$

$$\rho_{B,2} \cdot V_2 = \rho_{B,3} \cdot V_3$$

$$m_1 \cdot w_{A,1} = m_3 \cdot w_{A,3}$$

$$m_2 \cdot w_{B,2} = m_3 \cdot w_{B,3}$$

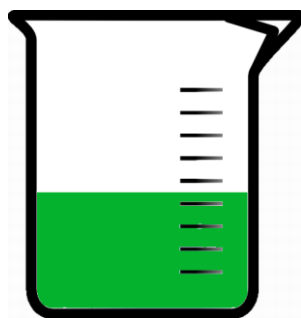
Roztoky látek A a B se pouze navzájem zředí.

Míšení roztoků různých látek reagujících



roztok 1
látka A

+



roztok 2
látka B

=



roztok 3
produkty P, Q
a přebytek látky A nebo B

Probíhá chemická reakce



Množství vzniklých produktů se řídí množstvím reaktantu, který nebyl v nadbytku

$$\frac{n_P}{p} = \frac{n_Q}{q} = \min\left(\frac{n_A}{a}; \frac{n_B}{b}\right)$$

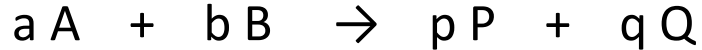
Reaktant, který byl v nadbytku, zůstává ve výsledném roztoku v množství

$$\frac{n'_A}{a} = \frac{n_A}{a} - \frac{n_B}{b}$$

$$\frac{n'_B}{b} = \frac{n_B}{b} - \frac{n_A}{a}$$

Platí pouze ta hodnota,
která vyjde kladná.

Míšení roztoků různých látek reagujících – směšovací rovnice



$$\frac{V_3 \cdot c'_A}{a} = \frac{V_1 \cdot c_A}{a} - \frac{V_2 \cdot c_B}{b}$$

$$\frac{V_3 \cdot c'_B}{b} = \frac{V_2 \cdot c_B}{b} - \frac{V_1 \cdot c_A}{a}$$

$$\frac{V_3 \cdot c_P}{p} = \min \left(\frac{V_1 \cdot c_A}{a} ; \frac{V_2 \cdot c_B}{b} \right)$$

$$\frac{V_3 \cdot c_Q}{q} = \min \left(\frac{V_1 \cdot c_A}{a} ; \frac{V_2 \cdot c_B}{b} \right)$$

Platí pouze ta hodnota,
která vyjde kladná.

Pokud jsou koncentrace nízké, lze zanedbat objemové změny

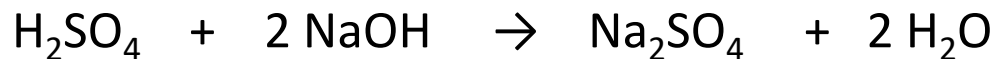
$$V_3 = V_1 + V_2$$

Využití v analytické chemii

- kvantitativní popis teoretického průběhu titrace
- výběr vhodného indikátoru pro titraci

Míšení roztoků různých látek reagujících – příklad

Jaké bude složení roztoku, který vznikne smíšením 20 ml 0,1M kyseliny sírové a 30 ml 0,1M hydroxidu sodného? Jaká bude jeho hodnota pH?



$$c'_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \left(\frac{V_1 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{1} - \frac{V_2 \cdot c_{\text{NaOH}}}{2} \right) \cdot \frac{1}{V_3} = \left(\frac{20 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{1} - \frac{30 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{2} \right) \cdot \frac{1}{50 \text{ ml}} = 0,01 \text{ mol/l}$$

$$c'_{\text{NaOH}} = \left(\frac{V_2 \cdot c_{\text{NaOH}}}{2} - \frac{V_1 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{1} \right) \cdot \frac{2}{V_3} = \left(\frac{30 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{2} - \frac{20 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{1} \right) \cdot \frac{2}{50 \text{ ml}} = -0,02 \text{ mol/l}$$

$$c_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{1}{V_3} \cdot \min \left(\frac{V_1 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{1}; \frac{V_2 \cdot c_{\text{NaOH}}}{2} \right) = \frac{1}{50 \text{ ml}} \cdot \min \left(\frac{20 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{1}; \frac{30 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{2} \right) = 0,03 \text{ mol/l}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot \min \left(\frac{V_1 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{1}; \frac{V_2 \cdot c_{\text{NaOH}}}{2} \right) = 2 \cdot \min \left(\frac{20 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{1}; \frac{30 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mol/l}}{2} \right) = 3 \text{ mmol}$$

$$\text{původní množství vody: } n_{\text{H}_2\text{O}}^0 = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \doteq \frac{50 \text{ g}}{18,0153 \text{ g/mol}} = 2,775 \text{ mol} \quad (3 \text{ mmol zanedbáme})$$

$$J = \frac{1}{2} \cdot \sum c_i \cdot z_i^2 = \frac{1}{2} \cdot (c_{\text{H}^+} \cdot 1^2 + c_{\text{Na}^+} \cdot 1^2 + c_{\text{SO}_4^{2-}} \cdot (-2)^2) = \frac{1}{2} \cdot (0,02 \cdot 1^2 + 0,06 \cdot 1^2 + 0,04 \cdot (-2)^2) = 0,12$$

$$-\log y_{\text{H}^+} = 0,5 \cdot 1^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{0,12}}{1 + \sqrt{0,12}} - 0,3 \cdot 0,12 \right) = 0,1106$$

$$y_{\text{H}^+} = 10^{-0,1106} = 0,7751$$

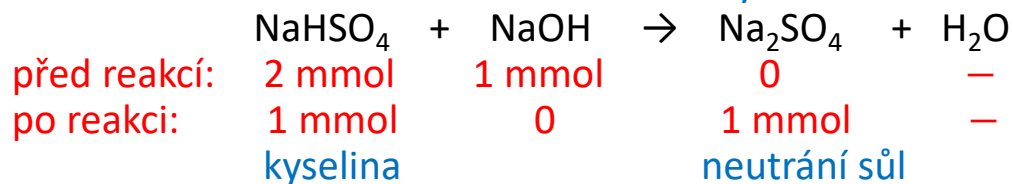
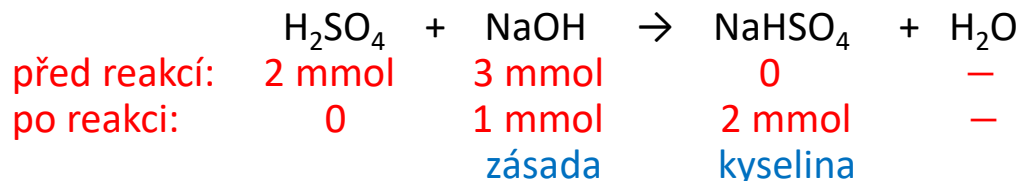
$$[\text{H}^+] = 2 \cdot 0,01 \text{ mol/l} = 0,02 \text{ mol/l}$$

$$a_{\text{H}^+} = [\text{H}^+] \cdot y_{\text{H}^+} = 0,02 \cdot 0,7751 = 0,01550$$

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+} = -\log 0,01550 = 1,81$$

Míšení roztoků různých látek reagujících – zjednodušené bilanční řešení

Jaké bude složení roztoku, který vznikne smíšením 20 ml 0,1M kyseliny sírové a 30 ml 0,1M hydroxidu sodného? Jaká bude jeho hodnota pH?



Celkový objem: $V = 20 \text{ ml} + 30 \text{ ml} = 50 \text{ ml}$

$$c_{\text{NaHSO}_4} = \frac{1 \text{ mmol}}{50 \text{ ml}} = 0,02 \text{ mol/l}$$

$$c_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{1 \text{ mmol}}{50 \text{ ml}} = 0,02 \text{ mol/l}$$

$$J = \frac{1}{2} \cdot \sum c_i \cdot z_i^2 = \frac{1}{2} \cdot (c_{\text{H}^+} \cdot 1^2 + c_{\text{Na}^+} \cdot 1^2 + c_{\text{SO}_4^{2-}} \cdot (-2)^2) = \frac{1}{2} \cdot (0,02 \cdot 1^2 + 0,06 \cdot 1^2 + 0,04 \cdot (-2)^2) = 0,12$$

$$-\log y_{\text{H}^+} = 0,5 \cdot 1^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{0,12}}{1 + \sqrt{0,12}} - 0,3 \cdot 0,12 \right) = 0,1106$$

$$y_{\text{H}^+} = 10^{-0,1106} = 0,7751$$

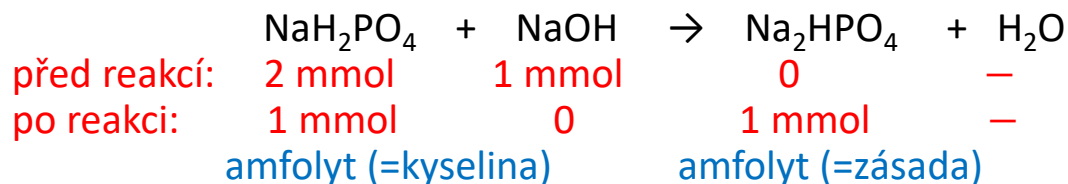
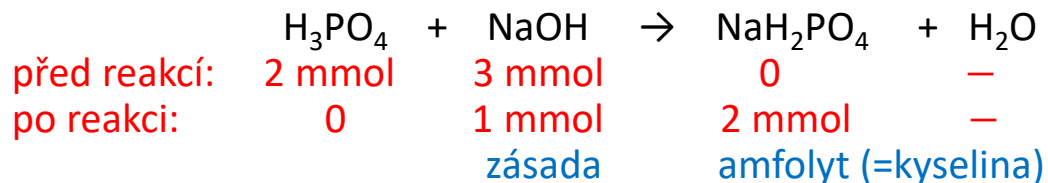
$$[\text{H}^+] = 0,02 \text{ mol/l}$$

$$a_{\text{H}^+} = [\text{H}^+] \cdot y_{\text{H}^+} = 0,02 \cdot 0,7751 = 0,01550$$

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+} = -\log 0,01550 = 1,81$$

Míšení roztoků různých látek reagujících – příklad 2

Jaké bude složení roztoku, který vznikne smíšením 20 ml 0,1M kyseliny fosforečné a 30 ml 0,1M hydroxidu sodného? Jaká bude jeho hodnota pH?



Další reakce není možná, jde o konjugovaný pár kyseliny a zásady.

Celkový objem: $V = 20 \text{ ml} + 30 \text{ ml} = 50 \text{ ml}$

$$c_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} = \frac{1 \text{ mmol}}{50 \text{ ml}} = 0,02 \text{ mol/l} = c_k$$

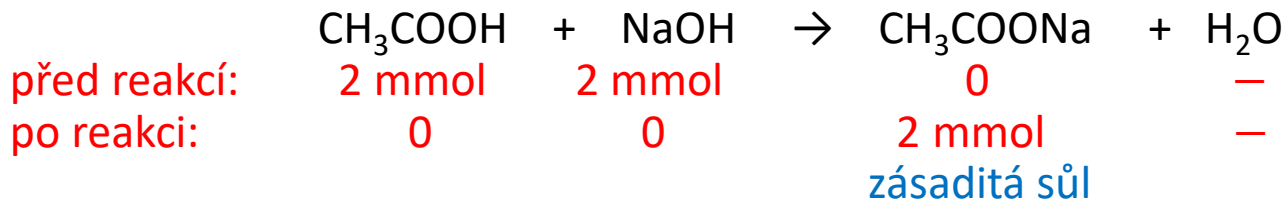
$$c_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = \frac{1 \text{ mmol}}{50 \text{ ml}} = 0,02 \text{ mol/l} = c_z$$

$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{c_z}{c_k} = 7,21 + \log \frac{0,02}{0,02} = 7,21$$

Volba acidobazického indikátoru – příklad

Navrhněte vhodný indikátor pro titraci 20 ml 0,1M kyseliny octové 0,1M hydroxidem sodným?

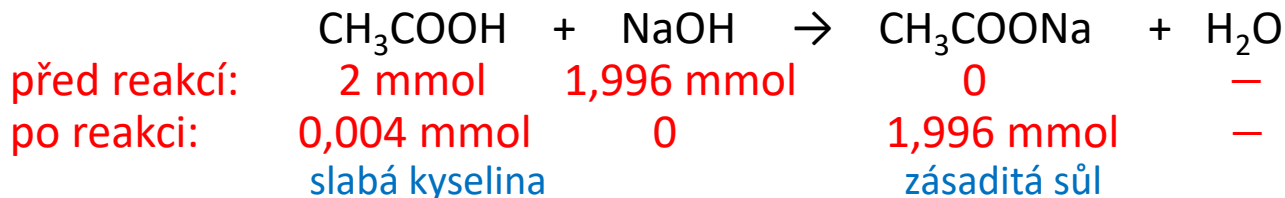
a) Hodnota pH v bodě ekvivalence (20 ml 0,1M NaOH)



$$c_{\text{CH}_3\text{COONa}} = \frac{2 \text{ mmol}}{40 \text{ ml}} = 0,05 \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{pK}_A + \frac{1}{2} \log c_s = 7 + \frac{1}{2} \cdot 4,75 + \frac{1}{2} \log 0,05 = 8,72$$

b) Hodnota pH kapku před bodem ekvivalence (19,96 ml 0,1M NaOH)

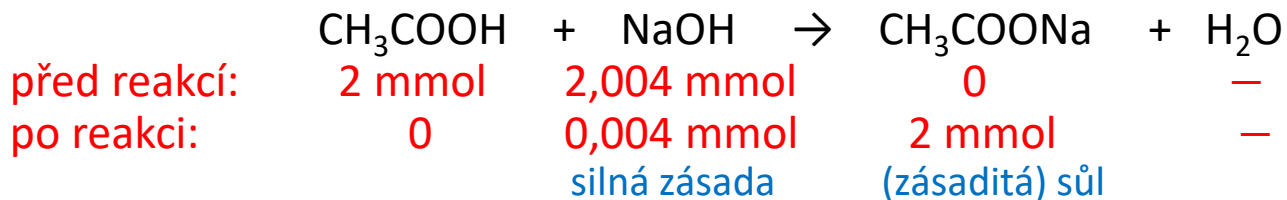


$$c_{\text{CH}_3\text{COONa}} = \frac{1,996 \text{ mmol}}{39,96 \text{ ml}} = 0,04995 \text{ mol/l} = c_z$$

$$c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{0,004 \text{ mmol}}{39,96 \text{ ml}} = 1,001 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = c_k$$

$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{c_z}{c_k} = 4,75 + \log \frac{0,04995}{1,001 \cdot 10^{-4}} = 7,45$$

b) Hodnota pH kapku za bodem ekvivalence (20,04 ml 0,1M NaOH)



$$c_{\text{CH}_3\text{COONa}} = \frac{2 \text{ mmol}}{40,04 \text{ ml}} = 0,04995 \text{ mol/l}$$

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{0,004 \text{ mmol}}{40,04 \text{ ml}} = 9,99 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$J = \frac{1}{2} \cdot \sum c_i \cdot z_i^2 = \frac{1}{2} \cdot (c_{\text{Na}^+} \cdot 1^2 + c_{\text{OH}^-} \cdot (-1)^2 + c_{\text{CH}_3\text{COO}^-} \cdot (-1)^2) = \frac{1}{2} \cdot (0,05005 \cdot 1^2 + 9,99 \cdot 10^{-5} \cdot (-1)^2 + 0,04995 \cdot (-1)^2) = 0,05005$$

$$-\log y_{\text{OH}^-} = 0,5 \cdot (-1)^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{0,05005}}{1 + \sqrt{0,05005}} - 0,3 \cdot 0,05005 \right) = 0,0839$$

$$y_{\text{OH}^-} = 10^{-0,0839} = 0,8243$$

$$a_{\text{OH}^-} = [\text{OH}^-] \cdot y_{\text{OH}^-} = 9,99 \cdot 10^{-5} \cdot 0,8243 = 8,235 \cdot 10^{-5}$$

$$p\text{OH} = -\log (a_{\text{OH}^-}) = -\log (8,235 \cdot 10^{-5}) = 4,08$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 - 4,08 = 9,92$$

Volba indikátoru

	V_{NaOH} , ml	pH
- 1 kapka	19,96	7,45
bod ekvivalence	20,00	8,72
+ 1 kapka	20,04	9,92

neutrální červeň	6,8 - 8,0	červené – žluté
kresolová červeň (2. přechod)	7,0 - 8,8	žluté – červené
m-kresolový purpur (2. přechod)	7,4 - 9,0	žluté – purpurové
thymolová modř (2. přechod)	8,0 - 9,6	žluté – modré
fenolftalein	8,2 - 9,8	bezbarvé – červené
thymolftalein	9,3 - 10,5	bezbarvé – modré
alizarinová žluť GG	10,0 - 12,1	sv. žluté – hnědožluté

