

# Protolytické rovnováhy

Výpočty pH v různých systémech

# Výpočty pH silných roztoků protolytů

## – Silné zásady

$$\text{p}K_{w,c} = 14 - \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$$

- **5.** Vypočtěte pH roztoku hydroxidu barnatého s obsahem 0,3 % (m/m)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  ( $\rho = 1,000 \text{ g cm}^{-3}$ ). Uvažujte vliv iontové síly roztoku.
- **6.** Jaký objem 0,1M-HCl je nutno přidat k 100 ml roztoku o pH 11,00, aby výsledný roztok měl pH 4,5?

# Příklady k řešení

- **1.** Do nádoby se 100 litry destilované vody jsme přidali 1  $\mu\text{l}$  roztoku HCl o koncentraci 1,00 mol  $\text{l}^{-1}$ . Jak se změní pH?

# Výpočty pH slabých roztoků protolytů

## – Slabé kyseliny

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{pK}_{\text{HA}} - \log c_{\text{HA}}) \quad c_{\text{HA}} > [\text{H}_3\text{O}^+], \text{ tzn. } [\text{HA}] \approx c_{\text{HA}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = c_{\text{HA}} \cdot \alpha \quad \text{resp.} \quad \text{pH} = -\log(c_{\text{HA}} \cdot \alpha)$$

## – Slabé zásady

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{w}} - \text{pOH} \quad \Rightarrow \quad \text{pH} = \text{pK}_{\text{w}} - \frac{1}{2}(\text{pK}_{\text{B}} - \log c_{\text{B}})$$

# Výpočty pH slabých roztoků protolytů

- **1.** Jaké množství kyseliny mravenčí je třeba rozpustit ve vodě, aby po doplnění na objem 500 ml vznikl roztok se stejným pH, jaké má roztok 0,1 molární kyseliny octové?
- **2.** Na kolik procent je disociována 0,1 molární kyselina boritá a jaké je pH roztoku?
- **3.** Jaké je pH směsi vzniklé smícháním stejných objemů 0,5 molárního roztoku chloridu pyridinia a 0,5 M-NaOH?
- **4.** Vypočtete pH 0,01 molárního roztoku ethylendiaminu.
- **5.** 0,045 M roztok kyseliny benzoové má pH 2,78. Spočtete  $pK_a$  této kyseliny.

# Výpočty pH slabých roztoků protolytů

– 2.

$$\text{pH} = 1/2 (\text{p}_{\text{Ka}} - \log c_{\text{HA}})$$

$$\text{pH} = 1/2 (9,237 - \log 0,1)$$

$$\text{p}_{\text{Ka}} = \underline{\underline{5,12}}$$

$$\text{pH} = -\log (\alpha \cdot c_{\text{HA}})$$

$$5,12 = -\log (\alpha \cdot 0,1)$$

$$10^{-5,12} = \alpha \cdot 0,1$$

$$\alpha = 7,6 \cdot 10^{-5} \sim \underline{\underline{0,0076 \%}}$$

# Výpočty pH slabých roztoků protolytů

– 5.

$$\text{pH} = 1/2 (\text{p}_{\text{Ka}} - \log c_{\text{HA}})$$

$$2,78 = 1/2 (\text{p}_{\text{Ka}} - \log 0,045)$$

$$5,56 = (\text{p}_{\text{Ka}} + 1,34678)$$

$$\text{p}_{\text{Ka}} = 5,56 - 1,34678$$

$$\text{p}_{\text{Ka}} = \underline{\underline{4,21}}$$

# Výpočty pH hydrolyzovatelných solí

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{\frac{K_w \cdot K_{\text{HA}}}{c_A}}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_w + \text{p}K_{\text{HA}} + \log c_A)$$

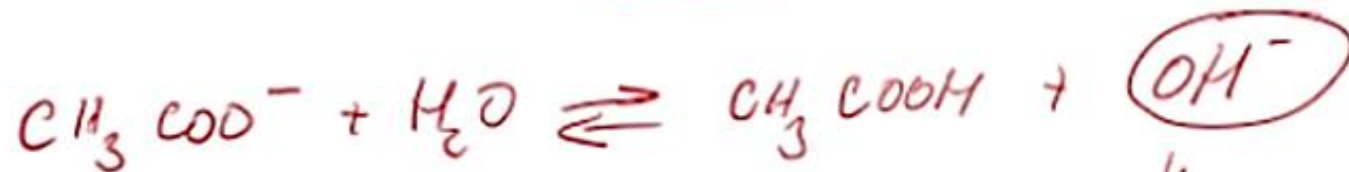
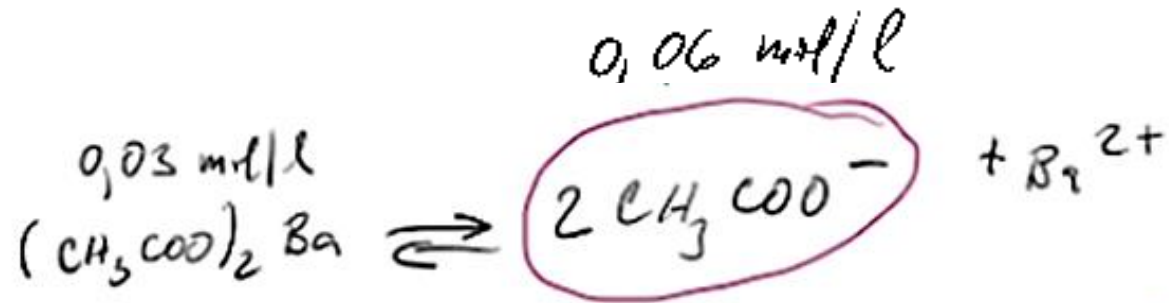
$$\gamma = \sqrt{\frac{K_w}{K_{\text{HA}} \cdot c_A}}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_w + \log(c_A \cdot \gamma)$$



# Výpočty pH hydrolyzovatelných solí

- 6. Vypočtete pH roztoku octanu barnatého  $0,03 \text{ mol l}^{-1}$ .



$$\text{pOH} = \frac{1}{2} (14 - 4,456 - \log 0,06) = 5,23$$

$$\text{pH} = \underline{\underline{8,47}}$$

# Výpočty pH hydrolyzovatelných solí

$$I = \frac{1}{2} \left( \underset{\text{Ba}^{2+}}{0,03 \cdot 2^2} + \underset{\text{CH}_3\text{COO}^-}{0,06 \cdot 1^2} \right)$$

$$I = 0,09$$

$$\text{pOH}_{\text{kor}} = \frac{1}{2} \left( 14 - 4,476 - \frac{\sqrt{0,09}}{1 + \sqrt{0,09}} - \log 0,06 \right)$$

$$\text{pOH}_{\text{kor}} = \underline{5,12}$$

$$\text{pH} = 14 - \frac{\sqrt{0,09}}{1 + \sqrt{0,09}} - 5,12$$

$$\text{pH} = \underline{\underline{8,65}}$$

# Příklady k řešení

- 1) Objem 0,7 ml čistého anilinu (hustota 1,027 g/ml) se zředí vodou na celkový objem 25 ml. Jaké pH bude mít roztok?
- 2) Objem 10 ml 3 % (m/m) kyseliny mléčné se doplní v odměrné baňce vodou na 250 ml. Jaké pH bude mít roztok?
- 3) 0,500 g síranu amonného se rozpustí v malém množství vody, převede do 500 ml odměrné baňky a doplní vodou po značku. Jaké pH bude mít roztok?
- 4) Vypočtete pH roztoku vzniklého smícháním 20 ml 0,2 M  $\text{NH}_3$  a 40 ml 0,1 M HCl. Uveďte výsledek s korekcí i bez korekce na aktivitu iontů.
- 5) Jaké pH bude mít výsledný roztok, jestliže se smíchá 100 ml roztoku silné kyseliny o pH 3 se 100 ml roztoku silné báze o pH 10?

# Řešení př. 6

$$V_{\text{anilinu}} = 0,7 \text{ ml}$$

$$\rho_{\text{anilinu}} = 1,027 \text{ g/ml}$$

$$V_{\text{celkový}} = 25 \text{ ml}$$

$$pK_a = 4,62$$

pH?

$$m = \rho \cdot V = 1,027 \cdot 0,7 = 0,7189 \text{ g}$$

$$n = m/M = 0,7189/93,13 = 0,0077193 \text{ mol}$$

$$c = n/V_{\text{celk.}} = 0,0077193/0,025 = \underline{0,30877 \text{ mol/l}}$$

$$pOH = 0,5 \times (9,42 - \log 0,30877) = \underline{4,97}$$

$$pH = 14 - 4,97 = \underline{9,03}$$

Roztok bude mít pH 9,03.

# Řešení př. 7

$$pK_a = 3,862$$

$$M(C_3H_6O_3) = 90,08 \text{ g/mol}$$

$$V = 10 \text{ ml} = 10 \text{ g}$$

$$V_{\text{celkový}} = 250 \text{ ml} \rightarrow 0,25 \text{ l}$$

$$\begin{array}{c} \uparrow 100\% \dots\dots 10 \text{ g} \uparrow \\ \underline{3\% \dots\dots\dots m} \\ m = (3 \cdot 10) / 100 = 0,3 \text{ g} \end{array}$$

$$n = m/M = 0,3/90,08 = 3,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c = n/V = 3,33 \cdot 10^{-3} / 0,25 = \underline{0,01332 \text{ mol/l}}$$

$$pH = 0,5 \cdot (pK_a - \log c) = 0,5 \cdot [3,862 - \log(0,01332)] = \underline{2,86}$$

Naředěná kyselina mléčná bude mít pH 2,86.

# Řešení př. 8

$$M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 132,14 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n = \frac{0,5}{132,14} = 0,003784 \text{ mol}$$

$$c(\text{NH}_4^+) = \frac{2 \cdot 0,003784}{0,5} = 0,01513 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$\text{pK}_a(\text{NH}_4^+) = 9,26$$

$$\text{pH} = 0,5 \cdot [\text{pK}_a - \log(c)] = 0,5 \cdot [9,26 - \log(0,01513)] = \underline{\underline{5,54}}$$

Výsledné pH je 5,54.