

DÚ. Reakce $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightarrow \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ má při jisté teplotě rovnovážnou konstantu K_c 5,5.

Vypočítejte složení rovnovážné směsi:

a) byla-li na počátku koncentrace PCl_5 0,300 M, PCl_3 0,000 M a Cl_2 0,000 M

b) byla-li na počátku koncentrace PCl_5 0,000 M, PCl_3 0,300 M a Cl_2 0,300 M

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3]_{\text{rel}} \cdot [\text{Cl}_2]_{\text{rel}}}{[\text{PCl}_5]_{\text{rel}}} = 5,5 \quad \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}} = 1 - \frac{[\text{PCl}_5]}{c_{\text{PCl}_5, 0}} \longrightarrow [\text{PCl}_5] = c_{\text{PCl}_5, 0} (1 - \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}})$$

$$[\text{PCl}_3] = c_{\text{PCl}_5, 0} \cdot \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}}$$

$$[\text{Cl}_2] = c_{\text{PCl}_5, 0} \cdot \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}}$$

$$5,5 = \frac{c_{\text{PCl}_5, 0} \cdot \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}} \cdot c_{\text{PCl}_5, 0} \cdot \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}}}{c_{\text{PCl}_5, 0} (1 - \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}})} = \frac{c_{\text{PCl}_5, 0} \cdot \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}}^2}{1 - \alpha_{\text{PCl}_5, \text{rov}}}$$

$$5,5 - 5,5\alpha = 0,3\alpha^2$$

$$0 = 0,3\alpha^2 + 5,5\alpha - 5,5$$

$$\alpha_1 = -19,28$$

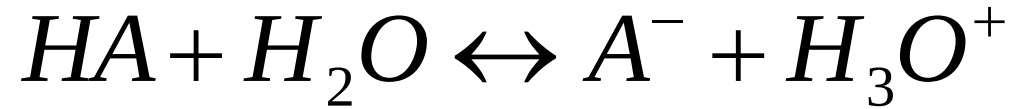
$$\alpha_2 = 0,951$$

$$[\text{PCl}_5] = 0,015 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

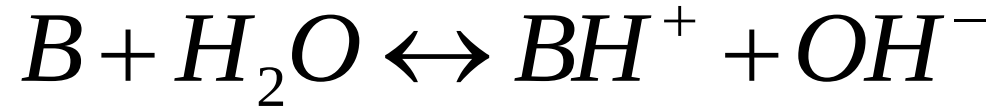
$$[\text{PCl}_3] = 0,285 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$[\text{Cl}_2] = 0,285 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

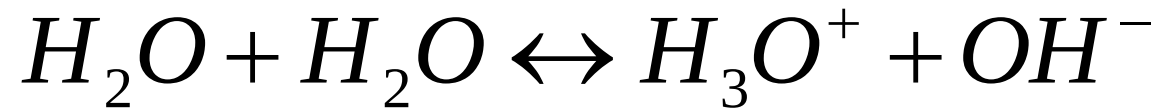
11. cvičení **Rovnováhy acidobazické, výpočty pH**



$$pH = -\log [H_3O^+]_{rel}$$



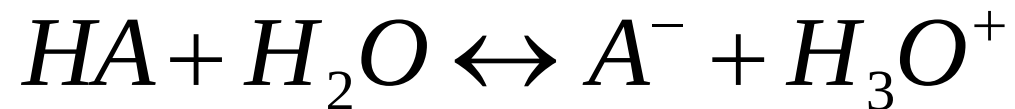
$$pOH = -\log [OH^-]_{rel}$$



$$K_V = [H_3O^+]_{rel} [OH^-]_{rel} = 10^{-14}$$

$$pK_V = -\log K_V = -\log [H_3O^+]_{rel} - \log [OH^-]_{rel} = pH + pOH = 14$$

11. cvičení Rovnováhy acidobazické, výpočty pH



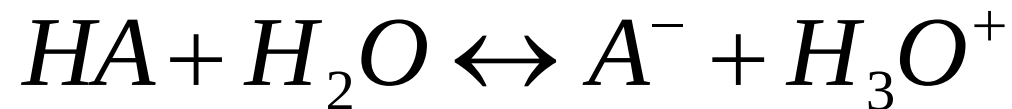
$$K_{A'} = \frac{[A^-]_{rel} \cdot [H_3O^+]_{rel}}{[HA]_{rel} \cdot [H_2O]_{rel}} \longrightarrow K_A = \frac{[A^-]_{rel} \cdot [H_3O^+]_{rel}}{[HA]_{rel}}$$

K_A	disociační konstanta kyseliny
α	stupeň disociace
$c(HA)$	analytická koncentrace kyseliny

Silné kyseliny $\alpha \approx 1$ $c_{rel}(HA) = [A^-]_{rel} = [H_3O^+]_{rel}$

$$pH = -\log [H_3O^+]_{rel} = -\log c_{rel}(HA)$$

11. cvičení Rovnováhy acidobazické, výpočty pH



$$K_A = \frac{[A^-]_{rel} \cdot [H_3O^+]_{rel}}{[HA]_{rel}} \quad \begin{array}{ll} K_A & \text{disociační konstanta kyseliny} \\ \alpha & \text{stupeň disociace} \\ c(HA) & \text{analytická koncentrace kyseliny} \end{array}$$

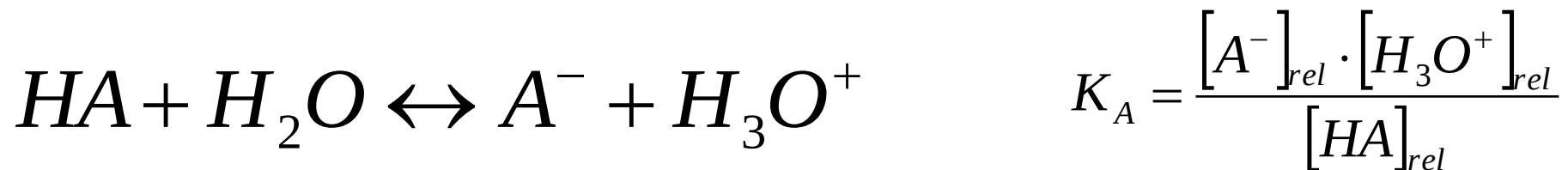
Slabé kyseliny $\alpha < 0,1$ $\alpha \cdot c_{rel}(HA) = [A^-]_{rel} = [H_3O^+]_{rel}$

$$K_A = \frac{\alpha \cdot c_{rel}(HA) \cdot \alpha \cdot c_{rel}(HA)}{(1 - \alpha) \cdot c_{rel}(HA)} = \frac{\alpha^2 \cdot c_{rel}(HA)}{(1 - \alpha)} \cong \alpha^2 \cdot c_{rel}(HA) \longrightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_A}{c_{rel}(HA)}}$$

$$[H_3O^+]_{rel} = \alpha \cdot c_{rel}(HA) = \sqrt{\frac{K_A}{c_{rel}(HA)}} \cdot c_{rel}(HA) = \sqrt{K_A \cdot c_{rel}(HA)}$$

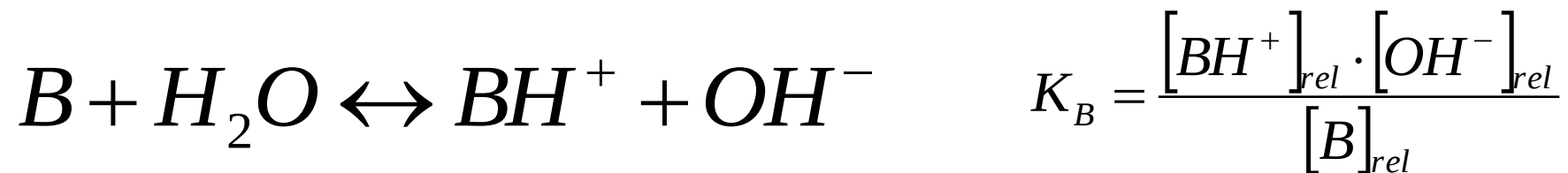
$$pH = -\log [H_3O^+]_{rel} = -\log (K_A \cdot c_{rel}(HA))^{1/2} = \frac{1}{2} (-\log K_A - \log c_{rel}(HA)) = \frac{1}{2} (pK_A - \log c_{rel}(HA))$$

11. cvičení Rovnováhy acidobazické, výpočty pH



Silné kyseliny $pH = -\log c_{rel}(HA)$

Slabé kyseliny $pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log c_{rel}(HA))$



Silné báze $pOH = -\log c_{rel}(B) \longrightarrow pH = 14 - \log c_{rel}(B)$

Slabé báze $pOH = \frac{1}{2}(pK_B - \log c_{rel}(B)) \longrightarrow pH = 14 - \frac{1}{2}(pK_B - \log c_{rel}(B))$

1. Určete molární koncentrace $[H_3O^+]$ a $[OH^-]$ a pH kyseliny chlorovodíkové o koncentracích: 0,01 mol/l, $2 \cdot 10^{-4}$ mol/l; HCl z katalogu fy Aldrich (37 hm. %, $\rho = 1,200 \text{ g/cm}^3$, M.W. = 36,46); 0,01 M hydroxidu draselného a $5 \cdot 10^{-4}$ M hydroxidu sodného.

$$pH = -\log c_{rel}(HA)$$

$$c(HCl) = 0,01 \text{ mol/l} \quad [H_3O^+] = 0,01 \text{ mol/l} \quad [OH^-] = 10^{-12} \text{ mol/l} \quad pH = -\log 0,01 = 2$$

$$c(HCl) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \quad [H_3O^+] = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \quad [OH^-] = 5 \cdot 10^{-11} \text{ mol/l} \quad pH = 3,70$$

$$c(HCl) = \frac{n(HCl)}{V} = \frac{m(HCl)}{M \cdot V} = \frac{w(HCl) \cdot m(\text{roztok})}{M \cdot V} = \frac{w \cdot \rho}{M} = \frac{0,37 \cdot 1200}{36,46} \text{ mol/l} = 12,18 \text{ mol/l}$$

$$[H_3O^+] = 12,18 \text{ mol/l} \quad [OH^-] = 8,21 \cdot 10^{-16} \text{ mol/l} \quad pH = -1,09$$

$$c(KOH) = 0,01 \text{ mol/l} \quad [H_3O^+] = 10^{-12} \text{ mol/l} \quad [OH^-] = 0,01 \text{ mol/l} \quad pH = 12$$

$$c(NaOH) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \quad [H_3O^+] = 2 \cdot 10^{-11} \text{ mol/l} \quad [OH^-] = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \quad pH = 10,70$$

2. Vypočítejte relativní koncentraci $[H_3O^+]$ a $[OH^-]$, znáte-li hodnoty pH: 1,25; 7,05; 13,97.

$$pH = -\log [H_3O^+]_{rel} \qquad [H_3O^+]_{rel} = 10^{-pH} \qquad [H_3O^+]_{rel} [OH^-]_{rel} = 10^{-14}$$

$$pH = 1,25 \qquad [H_3O^+]_{rel} = 10^{-1,25} = 5,62 \cdot 10^{-2} \qquad [OH^-]_{rel} = 1,78 \cdot 10^{-13}$$

$$pH = 7,05 \qquad [H_3O^+]_{rel} = 10^{-7,05} = 8,91 \cdot 10^{-8} \qquad [OH^-]_{rel} = 1,12 \cdot 10^{-7}$$

$$pH = 13,97 \qquad [H_3O^+]_{rel} = 10^{-13,97} = 1,07 \cdot 10^{-14} \qquad [OH^-]_{rel} = 9,33 \cdot 10^{-1}$$

3. Potřebujete připravit 500 ml roztoku, který má hodnotu pH 1,50. Máte k dispozici 10% (hm.) kyselinu chloristou, $\rho = 1,056 \text{ g/cm}^3$, $M = 100,46 \text{ g.mol}^{-1}$. Kolik mililitrů této kyseliny musíte odměřit pro přípravu požadovaného roztoku?

$$pH = -\log c_{rel}(HA)$$

$$c_{rel}(HA) = 10^{-pH}$$

$$c_{rel}(HClO_4) = 10^{-1,5} = 0,0316$$

$$n(HClO_4) = c(HClO_4) \cdot V = 0,0316 \cdot 0,5 \text{ mol} = 0,0158 \text{ mol}$$

$$m(HClO_4) = n(HClO_4) \cdot M(HClO_4) = 0,0158 \cdot 104,46 \text{ g} = 1,588 \text{ g}$$

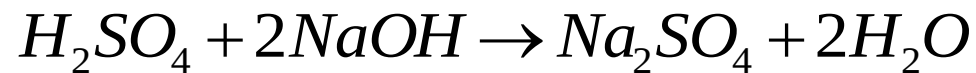
$$m(10\%HClO_4) = \frac{m(HClO_4)}{w(HClO_4)} = \frac{1,588}{0,1} \text{ g} = 15,88 \text{ g}$$

$$V(10\%HClO_4) = \frac{m(10\%HClO_4)}{\rho(HClO_4)} = \frac{15,88}{1,056} \text{ ml} = 15,04 \text{ ml}$$

4. Ke 100 ml 0,1 M kyseliny sírové byl přidán 1,0 g pevného hydroxidu sodného. Jaké bude pH výsledného roztoku? (Objemovou změnu zanedbejte. $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.)

$$n_0(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V = 0,1 \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{1}{40} \text{ mol} = 0,025 \text{ mol}$$



$$n_k(\text{NaOH}) = n_0(\text{NaOH}) - 2 \cdot n_0(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,025 - 2 \cdot 0,01 \text{ mol} = 0,005 \text{ mol}$$

$$c_k(\text{NaOH}) = \frac{n_k(\text{NaOH})}{V} = \frac{0,005}{0,1} \text{ mol} / \text{l} = 0,05 \text{ mol} / \text{l}$$

$$pOH = -\log [\text{OH}^-]_{\text{rel}} = -\log 0,05 = 1,30$$

$$pH = 14 - 1,30 = 12,7$$

5. Jaké je pH 8% octa, $\rho = 1,0097 \text{ g/cm}^3$, $M = 60,052 \text{ g.mol}^{-1}$, $K_A = 1,75 \cdot 10^{-5}$?

$$c(\text{HCOOH}) = \frac{n(\text{HCOOH})}{V} = \frac{m(\text{HCOOH})}{M \cdot V} = \frac{w \cdot m(\text{roztok})}{M \cdot V} = \frac{w \cdot \rho}{M} =$$
$$= \frac{0,08 \cdot 1009,7}{60,052} \text{ mol / l} = 1,345 \text{ mol / l}$$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log c_{rel}(\text{HA})) = \frac{1}{2}(-\log K_A - \log c_{rel}(\text{HA}))$$

$$pH = \frac{1}{2}(-\log 1,75 \cdot 10^{-5} - \log 1,345) = 2,31$$

6. Zkontrolujte, zda jste správně připravili 0,10 M kyselinu octovou (objem 250 ml), jestliže jste změřením pH zjistili hodnotu 2,585. Kolika molární roztok jste ve skutečnosti připravili? Jak chybu napравíte? ($pK_A = 4,75$)

$$pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log c_{rel}(HA)) = \frac{1}{2}(4,75 - \log 0,1) = 2,875$$

↓

$$\log c_{rel}(HA) = pK_A - 2pH$$

↓

$$c_{rel}(HA) = 10^{pK_A - 2pH} = 10^{4,75 - 2 \cdot 2,585} = 0,38$$

$$n(CH_3COOH) = c_{skut.}(CH_3COOH) \cdot V = 0,38 \cdot 0,25 \text{ mol} = 0,095 \text{ mol}$$

$$V_{0,1} = \frac{n(CH_3COOH)}{c_{chci}(CH_3COOH)} = \frac{0,095}{0,1} \text{ l} = 0,95 \text{ l} = 950 \text{ ml}$$

Je nutno přidat 700ml vody.

7. Disociační stupeň 0,01 M NH_3 je 4,17%. Určete hodnotu pK_B .

$$K_B = \frac{[BH^+]_{rel} \cdot [OH^-]_{rel}}{[B]_{rel}}$$

$$\alpha \cdot c_{rel}(B) = [BH^+]_{rel} = [OH^-]_{rel}$$

$$K_B = \frac{\alpha \cdot c_{rel}(B) \cdot \alpha \cdot c_{rel}(B)}{(1-\alpha) \cdot c_{rel}(B)} = \frac{\alpha^2 \cdot c_{rel}(B)}{(1-\alpha)} = \frac{0,0417^2 \cdot 0,01}{(1-0,0417)} = 1,814 \cdot 10^{-5}$$

$$pK_B = -\log K_B = -\log(1,814 \cdot 10^{-5}) = 4,74$$

8. Kyselina mravenčí (slabá jednosytná kyselina) má disociační konstantu $K_A = 2 \cdot 10^{-4}$ a v daném roztoku je disociována z 5%. Jaká je celková látková koncentrace kyseliny mravenčí v tomto roztoku a jaká je jeho hodnota pH.

$$K_A = \frac{[A^-]_{rel} \cdot [H_3O^+]_{rel}}{[HA]_{rel}}$$

$$\alpha \cdot c_{rel}(HA) = [A^-]_{rel} = [H_3O^+]_{rel}$$

$$K_A = \frac{\alpha \cdot c_{rel}(HA) \cdot \alpha \cdot c_{rel}(HA)}{(1 - \alpha) \cdot c_{rel}(HA)} = \frac{\alpha^2 \cdot c_{rel}(HA)}{(1 - \alpha)}$$

$$\downarrow$$
$$c_{rel}(HA) = \frac{K_A \cdot (1 - \alpha)}{\alpha^2} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 0,05)}{0,05^2} = 0,076$$

$$[H_3O^+]_{rel} = \alpha \cdot c_{rel}(HA)$$

$$pH = -\log [H_3O^+]_{rel} = -\log \alpha \cdot c_{rel}(HA) = -\log(0,05 \cdot 0,076) = 2,42$$