

**T1. Ako sa zmení pH roztoku silnej kyseliny, ak ho zriedime 100-krát?**

Ak ľubovoľný roztok ľubovoľnej látky zriedime 100-krát, pôvodná koncentrácia  $c_1$  látky sa zmení na  $c_2 = c_1 / 100$ . Ak ide o silnú kyselinu, tak  $c_r = [\text{H}_3\text{O}^+]$ , preto  $[\text{H}_3\text{O}^+]_2 = [\text{H}_3\text{O}^+]_1 / 100$ . Potom

$$\text{pH}_2 = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]_2 = -\log ([\text{H}_3\text{O}^+]_1 / 100) = -(\log [\text{H}_3\text{O}^+]_1 - \log 100) = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]_1 + 2 = \text{pH}_1 + 2$$

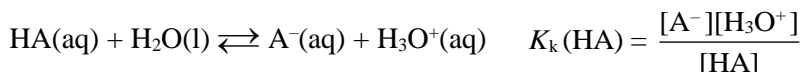
alebo

$$\Delta\text{pH} = \text{pH}_2 - \text{pH}_1 = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]_2 - (-\log [\text{H}_3\text{O}^+]_1) = \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_1}{[\text{H}_3\text{O}^+]_2} = \log 100 = 2 \Leftrightarrow \text{pH}_2 = \text{pH}_1 + 2$$

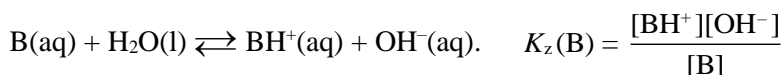
Po zriedení sa pH zväčší o 2, čo je jednou z vlastností dekadického logaritmu. Všeobecne, ak roztok zriedime  $10^x$ -krát, pH sa zväčší o  $x$ . Pri výpočte zanedbávame autoprotolýzu vody.

**T2. Akú hodnotu majú konštanty  $K_k(\text{H}_2\text{O})$ ,  $K_z(\text{H}_2\text{O})$ ,  $K_k(\text{H}_3\text{O}^+)$  a  $K_z(\text{OH}^-)$ ?**

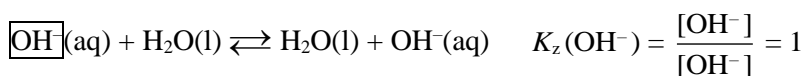
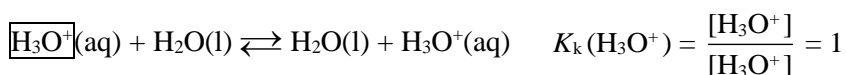
**Konštantu kyslosti  $K_k$**  ľubovoľnej látky HA, schopnej odštiepiť protón, je definovaná ako rovnovážna konštantá protolytickej reakcie (odštiepenia protónu) tejto látky s vodou.



Podobne, **konštantu zásaditosti  $K_z$**  ľubovoľnej látky B, schopnej prijať protón, je definovaná ako rovnovážna konštantá protolytickej reakcie (prijatia protónu) tejto látky s vodou.



Pre konštanty uvedené v zadaní teda platí:



Keďže voda bola zvolená za „porovnávaciu“ látku pre kyslosť a zásaditosť látok, musia byť  $K_k(\text{H}_2\text{O})$  a  $K_z(\text{H}_2\text{O})$  rovnaké.

**T3. Vypočítajte pH čistej vody pri teplote jej tuhnutia a teplote varu pri štandardnom tlaku. Predpokladajte, že štandardná reakčná entalpia autoprotolýzy vody ( $56,74 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) nezávisí od teploty.**

Van't Hoffova rovnica popisuje, ako sa s teplotou mení rovnovážna konštantá. Umožňuje vypočítať hodnotu  $K_2$  pri teplote  $T_2$ , ak poznáme hodnotu  $K_1$  pri teplote  $T_1$ .

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = - \frac{\Delta_r H^\theta}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Keďže pri teplote  $t_1 = 24 \text{ }^\circ\text{C}$  je iónový súčin vody  $K_1 = 1,0 \cdot 10^{-14}$ , pre teplotu tuhnutia vody ( $t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) pri štandardnom tlaku bude mať táto konštantá inú hodnotu  $K_2$ .

$$K_2 = K_1 \exp \left[ - \frac{\Delta_r H^\theta}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \right] = 1,0 \cdot 10^{-14} \cdot \exp \left[ - \frac{56,74 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \cdot \left( \frac{1}{273,15 \text{ K}} - \frac{1}{297,15 \text{ K}} \right) \right] = 1,33 \cdot 10^{-15}$$

Pri tejto teplote je teda  $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log\sqrt{K_2} = -\log\sqrt{1,33 \cdot 10^{-15}} = 7,4$ .

Rovnako vypočítame aj hodnotu iónového súčinu vody pre teplotu varu vody ( $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) pri štandardnom tlaku.

$$K_2 = K_1 \exp \left[ - \frac{\Delta_r H^\theta}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \right] = 1,0 \cdot 10^{-14} \cdot \exp \left[ - \frac{56,74 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \cdot \left( \frac{1}{373,15 \text{ K}} - \frac{1}{297,15 \text{ K}} \right) \right] = 1,08 \cdot 10^{-12}$$

Pri tejto teplote je teda  $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log\sqrt{K_2} = -\log\sqrt{1,08 \cdot 10^{-12}} = 6,0$ .

*Poznámka:* Nenechajme sa pomýliť! Vypočítané hodnoty pH, ktoré sú rôzne od 7, neznamenajú, že roztok vody je kyslý, resp. zásaditý. Zmenou teploty sa totiž zmenila aj hodnota iónového súčinu vody a preto „nová“ stupnica pH už nie je od 0 do 14, ako je to pri teplote  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ . Koncentrácie  $\text{H}_3\text{O}^+$  a  $\text{OH}^-$  sa však opäť navzájom rovnajú, teda voda je pri každej z uvedených teplôt „neutrálna“.