

Prawo rozcieńczeń Ostwalda - α , K_d i pH roztworu – przykładowe zadania z rozwiązaniami

- 1 Oblicz pH roztworu kwasu tellurowego(IV) – H_2TeO_3 o stężeniu $0,03 \text{ mol/dm}^3$, jeżeli $K_{d1} = 5,37 \cdot 10^{-7}$ a $K_{d2} = 3 \cdot 10^{-9}$ ($c = \alpha_1 \cdot c_1 + \alpha_2 \cdot c_2$)
(wartości log: $\log 1,36 \approx 0,13$; $\log 2,36 \approx 0,37$; $\log 3,36 \approx 0,53$; $\log 4,56 \approx 0,66$)
Rozwiązanie:
- W obu przypadkach c_o : $K_d > 400$, stąd ma zastosowanie wzór $K_d = \alpha^2 \cdot c_o$
 - W celu obliczenia stężenia molowego kationów H^+ po I i II stopniu dysocjacji należy obliczyć stopnie dysocjacji: α_1 i α_2
- $$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K_{d1}}{c_o}} = \sqrt{\frac{5,37 \cdot 10^{-7}}{0,03}} = \sqrt{\frac{5,37 \cdot 10^{-7}}{3 \cdot 10^{-2}}} = \sqrt{1,79 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{17,9 \cdot 10^{-6}} = 4,23 \cdot 10^{-3}$$
- $$\alpha_2 = \sqrt{\frac{K_{d2}}{c_o}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-9}}{0,03}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 10^{-2}}} = \sqrt{1 \cdot 10^{-7}} = \sqrt{10 \cdot 10^{-8}} = 3,16 \cdot 10^{-4}$$
- Obliczenie stężenia kationów H^+ ze wzoru na stopień dysocjacji (bezwymiarowy):
 $\alpha = \frac{c}{c_o}$ stąd: $c = \alpha \cdot c_o$
- $$c_1 = \alpha_1 \cdot c_o = 4,23 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 12,65 \cdot 10^{-5} = 1,265 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$
- $$c_2 = \alpha_2 \cdot c_o = 3,16 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 9,48 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$
- Obliczenie całkowitego stężenia kationów H^+ w roztworze
 $c = c_1 + c_2 = 1,265 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 + 9,48 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 = 126,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 + 9,48 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 = 136,38 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 = 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 = [\text{H}^+]$
 - Obliczenie pH roztworu: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 1,36 \cdot 10^{-4} = 4 - 0,13 = 3,87$
- 2 Oblicz K_{d1} i K_{d2} roztworu kwasu selenowodorowego H_2Se o stężeniu $0,5 \text{ mol/dm}^3$ jeżeli $\alpha_1 = 1,605\%$ natomiast $\alpha_2 = 4,47 \cdot 10^{-6}$.
Rozwiązanie:
- W obu przypadkach stopień dysocjacji jest mniejszy od 5%, dla obliczenia K_d można zastosować wzór $K_d = \alpha^2 \cdot c_o$ (w przypadku gdy $\alpha \geq 5\%$ należy zastosować wzór: $K_d = \frac{c_o \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$)
 - Obliczenie K_{d1} ; przeliczenie stopnia dysocjacji z % na bezwymiarową:
 $\alpha_1 = 1,605\% = 1,605 \cdot 10^{-2}$
 $K_{d1} = \alpha_1^2 \cdot c_o = (1,605 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 0,5 = 2,58 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-1} = 12,9 \cdot 10^{-5} = 1,29 \cdot 10^{-4}$
 - Obliczenie K_{d2} ; dla stopnia dysocjacji: $\alpha_2 = 4,47 \cdot 10^{-6}$
 $K_{d2} = \alpha_2^2 \cdot c_o = (4,47 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0,5 = 19,98 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^{-1} = 99,9 \cdot 10^{-13} = 9,99 \cdot 10^{-12} = 10 \cdot 10^{-12} = 1 \cdot 10^{-11}$
- 3 Oblicz stężenie molowe roztworu kwasu azotowego(III) HNO_2 , którego $K_d = 5,623 \cdot 10^{-4}$, a stopień dysocjacji wynosi 5,37%.
Rozwiązanie:
- $\alpha \geq 5\%$ stąd ma zastosowanie wzór: $K_d = \frac{c_o \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$
 - Przeliczenie α z [%] na bezwymiarową: $\alpha = 5,37\% = 5,37 \cdot 10^{-2}$
 - Przekształcenie wzoru z wyprowadzeniem c_o :
$$c_o = \frac{K_d - \alpha \cdot K_d}{\alpha^2}$$
 - Obliczenie stężenia molowego roztworu kwasu:
$$c_o = \frac{K_d - \alpha \cdot K_d}{\alpha^2} = \frac{5,623 \cdot 10^{-4} - 5,37 \cdot 10^{-2} \cdot 5,623 \cdot 10^{-4}}{(5,38 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{5,623 \cdot 10^{-4} \cdot 30,2 \cdot 10^{-6}}{28,84 \cdot 10^{-4}} = \frac{562,3 \cdot 10^{-6} - 30,2 \cdot 10^{-6}}{28,84 \cdot 10^{-4}} = \frac{532,1 \cdot 10^{-6}}{28,84 \cdot 10^{-4}} = 18,45 \cdot 10^{-2} = 1,85 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$$

4	<p>Oblicz pH nasyconego roztworu wody amoniakalnej ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$) o stężeniu $13,4 \text{ mol/dm}^3$, jeżeli $K_d = 1,778 \cdot 10^{-5}$. Podaj odczyn roztworu i dobierz indykator oraz zapisz obserwacje potwierdzające odczyn.</p> <p>(wartości log: $\log 1,54 \approx 0,19$; $\log 2,54 \approx 0,40$; $\log 3,54 \approx 0,55$)</p> <p>Rozwiązanie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Obliczenie stopnia dysocjacji, ponieważ iloraz $K_d : c_0 \geq 400$ można zastosować wzór: $K_d = \alpha^2 \cdot c_0$ $\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{c_0}} = \sqrt{\frac{1,778 \cdot 10^{-5}}{13,4}} = \sqrt{\frac{17,78 \cdot 10^{-6}}{13,4}} = \sqrt{1,33 \cdot 10^{-6}} = 1,15 \cdot 10^{-3}$ ➤ Obliczenie stężenia molowego anionów OH^- ze wzoru na α $[\text{OH}^-] = c = \alpha \cdot c_0 = 1,15 \cdot 10^{-3} \cdot 13,4 = 15,41 \cdot 10^{-3} = 1,54 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$ ➤ Obliczenie pOH roztworu $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 1,54 \cdot 10^{-2} = 2 - 0,19 = 1,81$ ➤ Obliczenie pH roztworu $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1,81 = 12,19$ ➤ Odczyn – zasadowy; indykator – u.p.w; obserwacje: zmiana barwy żółto-pomarańczowej na niebieską, lub fenoloftaleina – przyjmie barwę malinową
5	<p>Wartość pH wodnego roztworu kwasu monokarboksylowego o stężeniu $0,01 \text{ mol/dm}^3$ wynosi w przybliżeniu 3. Oblicz stałą dysocjacji tego kwasu.</p> <p>Rozwiązanie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Jeżeli $\text{pH} = 4$, to stężenie kationów H^+ w roztworze wynosi: $[\text{H}^+] = 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 = c$ ➤ Obliczenie stopnia dysocjacji α $\alpha = \frac{c}{c_0} = \frac{10^{-3} \text{ mol/dm}^3}{0,01 \text{ mol/dm}^3} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-2}} = 1 \cdot 10^{-1}$ ➤ Obliczenie K_d z uwzględnieniem, że $\alpha \geq 5\%$ $K_d = \frac{c_0 \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} = \frac{0,01 \cdot (1 \cdot 10^{-1})^2}{1 - 1 \cdot 10^{-1}} = \frac{1 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{10 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^{-1}} = \frac{1 \cdot 10^{-4}}{9,9 \cdot 10^{-1}} = \frac{10 \cdot 10^{-5}}{9,9 \cdot 10^{-1}} = 1,01 \cdot 10^{-4}$
6	<p>Wartość pH wodnego roztworu metyloaminy ($\text{CH}_3 - \text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3 - \text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$) o stężeniu $0,2 \text{ mol/dm}^3$ wynosi w przybliżeniu 12. Oblicz stałą dysocjacji tej zasady.</p> <p>Rozwiązanie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Jeżeli $\text{pH} = 12$, to stężenie kationów H^+ w roztworze wynosi: $[\text{H}^+] = 10^{-12} \text{ mol/dm}^3$ ➤ Obliczenie stężenia anionów OH^- z iloczynu jonowego wody: $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14} (\text{mol/dm}^3)^2}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14} (\text{mol/dm}^3)^2}{10^{-12} \text{ mol/dm}^3} = 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 = c$ ➤ Obliczenie stopnia dysocjacji $\alpha = \frac{c}{c_0} = \frac{10^{-2} \text{ mol/dm}^3}{0,2 \text{ mol/dm}^3} = \frac{10^{-2}}{2 \cdot 10^{-1}} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-1}} = 5 \cdot 10^{-2}$ ➤ Obliczenie K_d z uwzględnieniem, że $\alpha \geq 5\%$ $K_d = \frac{c_0 \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} = \frac{0,2 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2}{1 - 5 \cdot 10^{-2}} = \frac{2 \cdot 10^{-1} \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{100 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}} = \frac{500 \cdot 10^{-6}}{95 \cdot 10^{-2}} = 5,26 \cdot 10^{-4}$

Oblicz, ile krotnie wzrośnie / zmaleje stopień dysocjacji i stężenie kationów H^+ roztworu kwasu chlorowego(I) $HClO$ dla którego stała dysocjacji wynosi $3,9 \cdot 10^{-8}$ a stężenie molowe roztworu tego kwasu wynosi $0,025 \text{ mol/dm}^3$ jeżeli:

- stężenie roztworu zmaleje 20-krotnie,
- stężenie roztworu wzrośnie 2-krotnie.

Rozwiązanie:

- W przypadku każdego stężenia roztworu iloraz $c_0 : K_d \geq 400$
- Obliczenie stopnia dysocjacji dla roztworów o różnym stężeniu

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K_d}{c_{o1}}} = \sqrt{\frac{3,9 \cdot 10^{-8}}{2,5 \cdot 10^{-2}}} = \sqrt{1,56 \cdot 10^{-6}} = 1,25 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{K_d}{c_{o2}}} = \sqrt{\frac{3,9 \cdot 10^{-8}}{2,5 \cdot 20 \cdot 10^{-2}}} = \sqrt{\frac{3,9 \cdot 10^{-8}}{1,25 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{3,12 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{31,2 \cdot 10^{-6}} = 5,59 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_3 = \sqrt{\frac{K_d}{c_{o3}}} = \sqrt{\frac{3,9 \cdot 10^{-8}}{2,5 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}} = \sqrt{\frac{39 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}}} = \sqrt{7,8 \cdot 10^{-7}} = \sqrt{78 \cdot 10^{-8}} = 8,33 \cdot 10^{-4}$$

- Obliczenie zmiany stopnia dysocjacji

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{5,59 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{4,47} \quad \alpha \text{ wzrośnie ok } 4,5 - \text{ krotnie}$$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_3} = \frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{8,33 \cdot 10^{-4}} = \frac{12,5 \cdot 10^{-4}}{8,33 \cdot 10^{-4}} = \frac{1,5}{1} \quad \alpha \text{ zmaleje ok } 1,5 - \text{ krotnie}$$

- Obliczenie stężeń molowych kationów H^+ w roztworach

$$c_1 = c_{o1} \cdot \alpha_1 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} = 3,125 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

$$c_2 = c_{o2} \cdot \alpha_2 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 5,59 \cdot 10^{-3} = 6,99 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$c_3 = c_{o3} \cdot \alpha_3 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \cdot 8,33 \cdot 10^{-4} = 4,17 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

- Obliczenie zmiany stężeń kationów H^+ w roztworach:

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{3,125 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3}{6,99 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3} = \frac{31,25 \cdot 10^{-6}}{6,99 \cdot 10^{-6}} = \frac{4,5}{1} \quad [H^+] \text{ zmaleje ok. } 4,5 - \text{ krotnie}$$

$$\frac{c_1}{c_3} = \frac{3,125 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3}{4,17 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3} = \frac{1}{1,33} \quad [H^+] \text{ wzrośnie ok. } 1,33 - \text{ krotnie}$$